

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-166214

(43)Date of publication of application : 22.06.2001

(51)Int.Cl.

G02B 21/06

G02B 21/16

G02B 21/22

G02B 21/24

(21)Application number : 11-344786

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 03.12.1999

(72)Inventor : KAWASAKI KENJI

NISHIWAKI DAISUKE

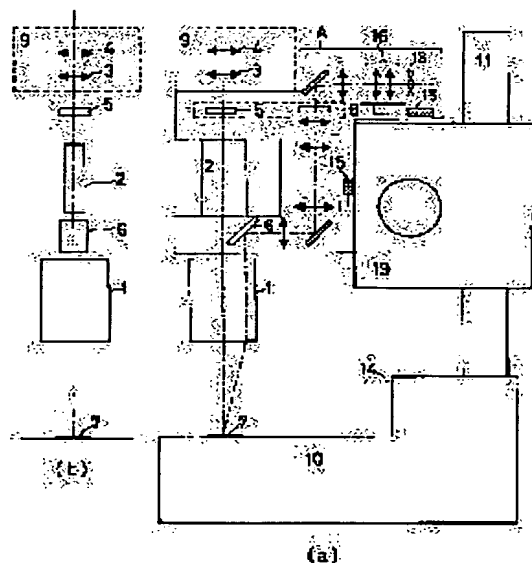
SHIMIZU NORIYUKI

(54) OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable bright fluorescent observation by reducing the stray light and leak light of spontaneous fluorescence or exciting light and efficiently utilizing the illumination light of a fluorescence illumination optical system.

SOLUTION: This optical device is an observation device having an objective lens 1, an observation optical system unit 2 including a variable power optical system, an image forming lens 3 and an eyepiece lens 4 and is attachable and detachable with the separately disposed fluorescence illumination device A. The fluorescence illumination device A is arranged with a light source 13, a contact lens group 16 and a reflection member 6 for making the light from the light source on the objective lens in the positions offcentered from the optical axis of the objective lens 1 between the objective lens 1 and the observation optical system unit 2 and has an exciting member 8 arranged between the light source 13 and the reflection member 6. An optical member 5 allowing the selective permeation of the fluorescence emitted from a sample 7 is arranged between the objective lens 1 and an image forming optical unit 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.11.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-166214
(P2001-166214A)

(43)公開日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 2 B	21/06	G 0 2 B	2 H 0 5 2
	21/16		
	21/22		
	21/24		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 47 頁)

(21)出願番号 特願平11-344786

(22)出願日 平成11年12月3日(1999.12.3)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 川崎 健司

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 西脇 大介

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 100097777

弁理士 菲澤 弘 (外7名)

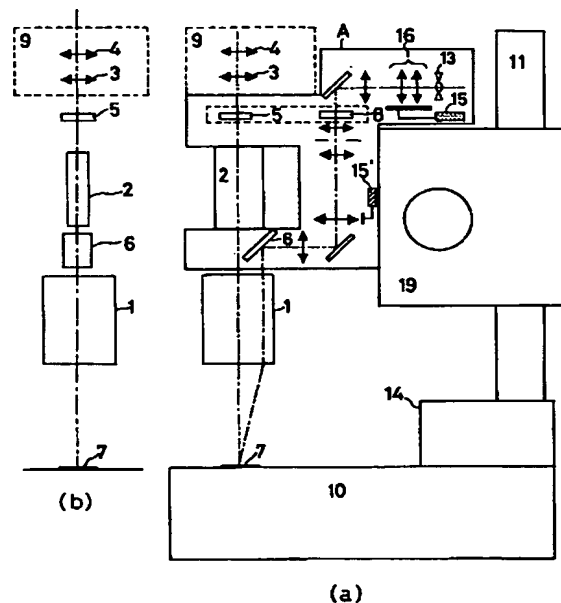
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学装置

(57)【要約】

【課題】 自家蛍光や励起光の迷光や漏光を低減して、蛍光照明光学系の照明光を効率良く利用して明るい蛍光観察を可能にする。

【解決手段】 対物レンズ1と、変倍光学系を含む観察光学系ユニット2と、結像レンズ3と接眼レンズ4を含む結像光学系ユニット9を備えた観察装置であって、別体に設けられた蛍光照明装置Aが脱着可能であり、蛍光照明装置Aは、光源13と、コレクタレンズ群16と、光源からの光を対物レンズに入射させる反射部材6とを、対物レンズ1と観察光学系ユニット2との間の対物レンズ1の光軸から偏心した位置に配置し、また、光源13と反射部材6との間に配置された励起部材8を備え、試料7から発する蛍光を選択透過する光学部材5を、対物レンズ1と結像光学系ユニット9の間に配置している光学装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対物レンズと、変倍光学系を含む観察光学系ユニットと、結像レンズと接眼レンズを含む結像光学系ユニットを備えた観察装置と、前記観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置を備えた光学装置であって、前記蛍光照明装置は、光源と、前記対物レンズと前記観察光学系ユニットとの間であって前記対物レンズから偏心した位置に配置され前記光源からの光を前記対物レンズに入射させる反射部材と、前記光源と前記反射部材の間に配置され前記光源からの照明光を前記反射部材に導く照明光学系を備えており、

前記照明光の中特定の波長域の光を選択透過する第1の波長選択部材を前記光源と前記反射部材の間に配置し、試料から発する蛍光の波長域の光を選択透過する第2の波長選択部材を前記対物レンズと前記結像光学系ユニットの間に配置していることを特徴とする光学装置。

【請求項2】 前記光学装置は、前記試料を載せる架台と、該架台に設置された支柱と、該支柱に保持され前記試料と前記対物レンズの間隔を変化させる準焦部ユニットを有し、前記準焦部ユニットは前記蛍光照明装置を保持し、前記蛍光照明装置は前記観察装置を保持することを特徴とする請求項1記載の光学装置。

【請求項3】 対物レンズと、変倍光学系を含む観察光学系ユニットと、結像レンズと接眼レンズを含む結像光学系ユニットを備えた観察装置と、前記観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置を備えた光学装置であって、前記蛍光照明装置は、光源と、前記対物レンズに近接して配置された先端照明部と、前記光源と前記先端照明部の間に配置され前記光源からの照明光を前記先端照明部に導く照明光学系と、移動機構を備えており、前記照明光の中特定の波長域の光を選択透過する第1の波長選択部材を前記光源と前記先端照明部の間に配置し、試料から発する蛍光の波長域の光を選択透過する第2の波長選択部材を前記対物レンズと前記結像光学系ユニットの間に配置し、前記先端照明部は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の中心位置と前記蛍光照明装置による照明光の中心位置が前記試料面上で一致するように前記対物レンズの周囲に配置され、前記照明光学系は少なくとも1つの移動レンズ群を備え、前記観察光学系の変倍に伴い前記移動レンズが移動して観察範囲と照明範囲が略一致することを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学装置に関し、特に、蛍光顕微鏡及び蛍光観察可能な実体顕微鏡を含む蛍光観察光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、蛍光顕微鏡及び実体顕微鏡下での蛍光観察は、ミクロ領域の蛍光観察にとどまらず、低倍率のマクロ領域においても蛍光観察が行なわれるようになってきている。特にGFP (Green Fluorescence Protein) やCFP (Cyan Fluorescence Protein)、YFP (Yellow Fluorescence Protein) といった蛍光タンパク質は、従来の蛍光色素に比べて細胞への毒性が少なく、褪色が少なく、蛍光の明るさが明るいといった利点があり、遺伝子研究の分野でもさかんに使用されるようになってきた。

【0003】このように、観察される対象が、ミクロ領域の細胞レベルから、マクロ領域を対象にしたショウジョウバエやマウスの個体の観察に及ぶことから、一般的な蛍光顕微鏡観察だけでなく、蛍光観察可能な観察装置として実体顕微鏡の蛍光観察装置が提案されている。

【0004】実体顕微鏡は、通常の顕微鏡に比べて、非常に長い作動距離を有し、立体的な観察が可能という特徴を有する顕微鏡である。

【0005】図43に、従来の実体顕微鏡の蛍光観察装置を示す。まず、実体顕微鏡の観察光学系は、交換可能な対物レンズ41、左右の眼に対応する2つの変倍光学系42R、42L、及び、結像レンズ群43R、43L、接眼レンズ44R、44Lで構成されており、対物レンズ41及び変倍光学系42R、42Lで試料を拡大し、結像レンズ43R、43Lと接眼レンズ44R、44Lを通して試料47の像を観察する。

【0006】対物レンズ41と変倍光学系42R、42L間、及び、変倍光学系42R、42Lと結像レンズ43R、43L間は、共にアフォーカル光学系で構成されており、システム性に優れている。

【0007】蛍光照明光学系は、光源51、照明レンズ52、励起フィルタ53、及び、ダイクロイックミラー54Lを備えている。

【0008】水銀ランプである光源51から発せられた光は、照明レンズ52によって励起フィルタ53に導かれる。励起フィルタ53は、光源51からの光の中、試料47を励起するために必要な波長の励起光のみ選択的に透過する。励起フィルタ53を透過した励起光は、ダイクロイックミラー54Lにより変倍光学系42Lに向けて反射され、変倍光学系42Lと対物レンズ41により、試料47に照射される。

【0009】試料47では、励起光の照射により、蛍光色素によって染色された部分から蛍光が発生する。試料47から生じた蛍光は、対物レンズ41によって集光され、右目観察光路R及び左目観察光路Lに導かれる。左目観察光路Lに導かれた蛍光は、変倍光学系42L、ダイクロイックミラー54Lを通過し、吸収フィルタ55Lに到達する。吸収フィルタ55Lの分光特性によって蛍光のみが透過するように選択される。そして、特定の波長の蛍光は結像レンズ43Lで結像され、接眼レンズ

44Lにより蛍光像として観察される。また、右目観察光路Rに導かれた蛍光は、変倍光学系42R、ダイクロイックミラー54Rを通過し、吸収フィルタ55Rに到達する。吸収フィルタ55Lと同様に、吸収フィルタ55Rを透過した蛍光は、結像レンズ43Rで結像され、接眼レンズ44Rにより蛍光像として観察される。

【0010】実体顕微鏡だけでなく、通常の蛍光顕微鏡の構成を図44に示す。蛍光照明光学系は、光源51、照明レンズ52、励起フィルタ53、ダイクロイックミラー54、及び、吸収フィルタ55を備えている。水銀ランプである光源51から発せられた光は、照明レンズ52によって、励起フィルタ53に導かれる。励起フィルタ53は、光源51からの光の中、試料47を励起するために必要な波長の励起光のみ選択的に透過する。励起フィルタ53を透過した励起光は、ダイクロイックミラー54により反射され、対物レンズ41により試料47に照射される。試料47から生じた蛍光は、対物レンズ41によって集光され、ダイクロイックミラー54を通過し、吸収フィルタ55に到達する。吸収フィルタ55の分光特性によって蛍光のみが透過するように選択される。そして、特定の波長の蛍光は結像レンズ43で結像され、接眼レンズ44により蛍光像として観察される。

【0011】図43の蛍光照明光学系は、光源51の投影像を変倍光学系42Lの瞳位置付近に投影し、観察時の変倍操作や対物レンズ41の交換によらず、照明範囲と観察範囲を一致させることができるので、操作性は良好である。

【0012】同様に、図44の蛍光照明光学系では、光源51の投影像を対物レンズ41の瞳位置付近に投影するので、対物レンズ41の交換によらず、照明範囲と観察範囲を一致させることができる。

【0013】図45に、図43の照明方法とは別に、観察光路を照明光路として併用しない構成を示す。光源51、コレクタレンズ58、ライトガイドファイバ59、励起フィルタ53、照明範囲可変の照明レンズ57で構成されている。光源51から発した励起光は、コレクタレンズ58によって集光されて、ライトガイドファイバ59の入射端面59aに導かれる。ライトガイドファイバの射出端面59bから出射した光は、照明範囲可変な照明レンズ57を通り、励起フィルタ53によって特定の波長領域の光のみが選択されて、試料47に照射される。試料47から発した蛍光は、図43と同様に、対物レンズ41、変倍光学系42R、42L、吸収フィルタ55R、55L、結像レンズ43R、43L、接眼レンズ44R、44Lを経て観察される。

【0014】さらに、観察光学系の変倍光学系と照明光学系を分離した提案としてW099/13370号での構成を図46に示す。

【0015】この装置は、図46(a)に示すように、

対物レンズ41、観察光学系ユニット42中の左右の眼に対応する観察光学系42L、42R、結像レンズ43L、43R、接眼レンズ44L、44Rで構成されている。

【0016】観察光学系42L、42Rと結像レンズ43L、43Rの間には吸収フィルタ50が配置され、蛍光照明光学系45は、図46(b)に示すように、光源46からの光を集光し、励起フィルタ48を透過した励起光は、偏向部材49を通して、観察光学系ユニット42中に観察光学系42L、42Rとは別に配置された励起光が通過する蛍光照明レンズ群42Fを通り、対物レンズ41を透過して試料47を照明する。試料47から発した蛍光は、対物レンズ41を通して、観察光学系42L、42R、吸収フィルタ50を透過し、結像レンズ43L、43R、接眼レンズ44L、44Rにより観察される。

【0017】観察光学系ユニット42中の観察光学系42L、42Rの変倍操作によって倍率を変化させて観察する際に、蛍光照明レンズ群42F中のレンズ群が、観察光学系42L、42Rの変倍操作と連動して観察範囲と照明範囲を一致させる構成となっている。なお、図46(c)に、観察光学系42L、42Rと蛍光照明レンズ群42Fの上面図を示す。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】蛍光観察に求められるものは、蛍光像の明るさと高いコントラストである。

【0019】蛍光は通常の反射や透過観察時の光に比べてその強度が非常に微弱であるため、蛍光観察が可能な実体顕微鏡に係わらず、蛍光観察に使用される様々な顕微鏡において、試料の蛍光像を明るく、かつ、コントラスト良く観察できるようにすることは非常に重要である。

【0020】蛍光の明るさの要素として、対物レンズ等の光学系には大きな開口数と紫外域から可視域にわたる高い透過率や照明の効率等が求められている。

【0021】蛍光像のコントラストが低下する要因の一つとして、ガラス等の光学部材が励起光によって自ら蛍光を発生する自家蛍光がある。蛍光観察用の対物レンズには、この自家蛍光が小さい硝材を選択して使用するが、特に負レンズとして使用される高分散、高屈折率のガラスは自家蛍光が大きく、紫外域の透過率が低いために硝材の選択には制限があり、蛍光用対物レンズ等の光学系の収差を良好に補正することは光学設計上困難である。

【0022】したがって、図43に示した実体顕微鏡は、立体感のある観察と操作性に優れた長い作動距離という特徴を有するものの、蛍光観察時では、通常の蛍光顕微鏡に比べて開口数が小さいために蛍光像が暗く、しかも、図43に示すように、励起光が通過する光路に変倍光学系42Lと対物レンズ41が配置されているため

に、ガラスからの自家蛍光が発生して低いコントラストの像になってしまう。しかも、励起光が通過するガラスの硝路長が長いために、通常の蛍光顕微鏡の対物レンズと比較すると、発生する自家蛍光が非常に大きく、さらに、上述したように開口数は小さいために、蛍光像の明るさが通常の蛍光顕微鏡に比べて暗く、紫外域の透過率も低いので、蛍光像のコントラストは通常の蛍光顕微鏡以上に悪くなってしまうという問題点があった。

【0023】このように、コントラスト良く観察するには、自家蛍光の低減が必須であり、上記問題点を解決するものとして従来から提案されている構成を図45及び図46に示す。

【0024】図45の蛍光照明光学系は、観察光路中に励起光が通過しないために、観察光学系から発生する自家蛍光がないので、コントラストの良い蛍光像が得られる。

【0025】しかしながら、観察光学系の変倍操作による観察範囲の変化と、蛍光照明光学系の照明範囲が連動して変化しないために、使い勝手が非常に悪く、しかも、照明光学系にライトガイドファイバを使用しているために、励起光の照明効率が悪いので、蛍光の観察像が暗い欠点がある。

【0026】さらに、励起光の波長を変えて蛍光観察する場合、励起フィルタと吸収フィルタをそれぞれ個々に交換する必要がある、操作性が良くないという問題がある。

【0027】図46の蛍光照明光学系では、観察光学系ユニット42中の観察光学系42L、42Rと蛍光照明光学系専用の蛍光照明レンズ群42Fを備えているために、観察光学系42L、42Rを直接励起光が通らず自家蛍光の発生がない。しかしながら、蛍光照明レンズ群42Fを通過した励起光は、対物レンズ41に入射するために、対物レンズ41では自家蛍光が発生することになる。対物レンズ41から発生する自家蛍光を抑えるために、自家蛍光の少ない硝材で、対物レンズ41を設計した場合、上述したように、従来の対物レンズの光学性能に比べて、色収差を含めた光学性能を維持することができなくなる。

【0028】対物レンズ41での自家蛍光の発生を抑えられない場合、励起光が通過する対物レンズ41内の領域と、試料47から発する蛍光が観察光学系42L、42Rへ導かれる際に対物レンズ41内を通過する領域とは、観察範囲のある一部分の領域が重なるので、その領域から対物レンズ41の自家蛍光が蛍光像に重なることになる。その結果、部分的に観察像のコントラストが悪くなる。この現象は、観察光学系42L、42Rの変倍光学系の倍率によって重なる領域が変化する。通常では、変倍光学系の変倍比が低いときは、観察範囲に対して部分的に重なり、変倍比が高くなるにつれて観察範囲全体に対物レンズ41の自家蛍光が重なる。

【0029】さらに、観察光学系ユニット42内での、蛍光照明レンズ群42Fを励起光が通過する際に、蛍光照明レンズ群42F内のレンズ面で反射された励起光が迷光や漏光となって、観察光学系42L、42R内に入射することも考えられる。この場合、励起光によって観察光学系42L、42R内のレンズ及び吸収フィルタ50から自家蛍光が発生すると、コントラストの高い蛍光観察はできない。

【0030】しかも、観察光学系ユニット42は、照明範囲を観察範囲と一致させるために、観察光学系ユニット42中の観察光学系42L、42Rの変倍のためのレンズ群の移動に連動して移動する構造であるために、励起光の迷光や漏光をなくすための空間的な遮蔽は困難である。

【0031】さらに、観察光学系ユニット42は、従来使用している実体顕微鏡に蛍光観察装置を組み込むことができず専用の蛍光実体顕微鏡となるので、従来から使用している実体顕微鏡に、新たに蛍光照明装置を組み合わせ使用することができないため、互換性及びシステム性に劣る欠点があった。

【0032】また、蛍光観察可能な実体顕微鏡ではないが、観察光学系と照明光学系を分離した手術用顕微鏡において様々な提案がなされている。図47に、特公平7-57226号に記載された手術用顕微鏡の構成の例を示す。

【0033】手術患部60は、対物レンズ61、観察用変倍光学系62、ビームスプリッター63、観察プリズム64及び接眼レンズ65からなる観察光学系により観察される。ここで、ビームスプリッター63は、観察光路から写真撮影光路を分岐するためのもので、紙面に垂直な方向に光軸を持つ図示しない写真撮影光学系に光路を分岐する。また、手術患部60を照明する観察用照明光学系は、光源ランプ66、第1リレーレンズ67、照明変倍光学系69、照明プリズム70及び対物レンズ61からなり、光源ランプ66を出射した光はこの観察用照明光学系を介して手術患部60を照明する。さらに、写真撮影用照明光学系は、Xeフラッシュランプ71、第2リレーレンズ72、観察用照明光学系中に挿脱自在な半反射半透過ミラー68、照明変倍光学系69、照明プリズム70及び対物レンズ61よりなり、写真撮影時には半反射半透過ミラー68は例えばロータリーソレノイド等により破線で示す位置68'にはね上げられるので、Xeフラッシュランプ71を出射した光はこの写真撮影用照明光学系を介して手術患部60を照明する。

【0034】このような手術用顕微鏡は、実体顕微鏡に比べて、手術部との距離を長くとるために、作動距離が長く、かつ、焦点深度が深く、観察光学系の変倍比も実体顕微鏡の10倍程度に比べて小さいという特徴がある。手術用顕微鏡は、蛍光観察には不向きであり、蛍光観察可能な実体顕微鏡とは使用される目的も、観察光学

系及び照明光学系に求められる性能も異なる。

【0035】本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、蛍光照明光学系からの励起光による観察光学系内のガラスの自家蛍光や、励起光の迷光や漏光を低減して、コントラスト良く観察し、蛍光照明光学系の照明光を効率良く利用して明るい蛍光観察を可能にし、かつ、操作性及びシステム性に優れた蛍光顕微鏡及び蛍光観察可能な実体顕微鏡を含む蛍光観察光学装置を提供することである。

【0036】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の第1の光学装置は、対物レンズと、変倍光学系を含む観察光学系ユニットと、結像レンズと接眼レンズを含む結像光学系ユニットを備えた観察装置と、前記観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置を備えた光学装置であって、蛍光照明装置は、光源と、対物レンズと観察光学系ユニットとの間で対物レンズから偏心した位置に配置され光源からの光を前記対物レンズに入射させる反射部材と、光源と反射部材の間に配置され光源からの照明光を反射部材に導く照明光学系を備えており、照明光の中特定の波長域の光を選択透過する第1の波長選択部材を光源と反射部材の間に配置し、試料から発する蛍光の波長域の光を選択透過する第2の波長選択部材を対物レンズと結像光学系ユニットの間に配置していることを特徴とする。

【0037】また、本発明の第2の光学装置は、第1の光学装置において、第2の波長選択部材は、蛍光照明装置に一体に構成されていることを特徴とするものである。

【0038】また、本発明の第3の光学装置は、第1の光学装置において、第2の波長選択部材が第1の波長選択部材と一体に構成されていることを特徴とする。

【0039】

【発明の実施の形態】まず、この第1から第3の光学装置の作用を説明する。上述した蛍光像のコントラストを改善するために、観察光学系ユニット内の光学系に蛍光照明装置からの励起光を極力通さないことが重要となる。そこで、図1(a)に側面図、図1(b)に正面図を示すように、第1の光学装置は、対物レンズ1と、変倍光学系を含む観察光学系ユニット2と、結像レンズ3と接眼レンズ4を含む結像光学系ユニット9を備えた観察装置と、この観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置Aを備えている。蛍光照明装置Aは、光源13と、コレクタレンズ群16を含む複数のレンズ群と反射部材を有する照明光学系を備えている。観察光学系ユニット2と対物レンズ1の間であって対物レンズ1の観察光軸から偏心した位置には、励起光を反射するための反射部材6が配置されており、照明光を反射して試料7を照明する。光源13と反射部材6の間には、試料7を照明する波長を選択透過する、第1の波長選択部材である励起フ

ィルタ8が配置されている。また、対物レンズ1と結像光学系ユニット9の間には、試料7から発する蛍光を選択透過する、第2の波長選択部材である吸収フィルタ5が配置されている。

【0040】対物レンズ1と変倍光学系を含む観察光学系ユニット2は、無限遠光学系で構成され、その変倍光学系はアフォーカル光学系で構成されている。

【0041】この第1の光学装置においては、蛍光照明装置Aからの励起光が、変倍光学系を含む観察光学系ユニット2を通らずに、観察光学系ユニット2と対物レンズ1の間から対物レンズ1の光軸から偏心した位置にある反射部材6によって対物レンズ1に入射して試料7を照明するので、観察光学系ユニット2で自家蛍光が発生しない。

【0042】また、第2の光学装置においては、蛍光を選択透過する第2の波長選択部材である吸収フィルタ5を蛍光照明装置Aと一体化したユニットとして構成することで、従来の観察装置にも容易に蛍光照明装置Aが組み合わされ、汎用性が高くなる。また、蛍光観察可能な観察装置として観察が可能となることから、システム性に優れる。

【0043】第3の光学装置においては、第2の波長選択部材である吸収フィルタ5と第1の波長選択部材である励起フィルタ8を一体化したユニットとして構成することにより、システムの取り扱いが容易になる。また、システムの構成が簡素化されるため、コストを削減することができる。

【0044】本発明の第4の光学装置は、第1又は第2の光学装置において、試料を載せる架台と、架台に設置された支柱と、支柱に保持され試料と対物レンズの間隔を変化させる準焦部ユニットを有し、準焦部ユニットは蛍光照明装置を保持し、蛍光照明装置は観察装置を保持することを特徴とするものである。

【0045】この第4の光学装置の作用を説明する。図1に示すように、蛍光観察可能な光学装置は、試料7と対物レンズ1の間隔を変化させる準焦部ユニット19、試料7を載せる架台10と架台10に設置された支柱11を有する。そして、支柱11を介して準焦部ユニット19が保持され、その準焦部ユニット19は蛍光照明装置Aを保持し、蛍光照明装置Aは、対物レンズ1、観察光学系ユニット2、結像光学系ユニット9を保持する構成になっている。

【0046】この第4の光学装置においても、蛍光を選択透過する第2の波長選択部材である吸収フィルタ5を蛍光照明装置Aと一体化したユニットとして構成することで、従来の観察装置にも蛍光照明装置Aを容易に組み合わせることができ、蛍光観察可能な観察装置として観察が可能となり、システム性に優れる。また、蛍光照明装置Aを配置するスペースである、観察光学系ユニット2と準焦部ユニット19の間は、従来特に利用されるこ

とのない空間であった。そのため、ここに蛍光照明装置Aを配置することで、光学装置の大型化が避けられ、周りの空間を犠牲にすることがない。

【0047】本発明の第5の光学装置は、第1の光学装置において、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、該一对のレンズユニットは対物レンズの光軸に平行にかつ対称に配置されていることを特徴とするものである。

【0048】この第5の光学装置の作用を図2(a)を用いて説明する。図2(a)に示すように、第5の光学装置では、対物レンズ1を単体で、左右の観察光学系を2L、2R、左右の蛍光を選択透過する第2の波長選択素子である吸収フィルタを25L、25R、左右の結像レンズを3L、3R、左右の接眼レンズを4L、4Rで構成している。よって、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットは一对のレンズユニットを有することになる。

【0049】なお、観察光学系は観察光学系ユニット内にある光学系のことであって、変倍光学系他にリレー光学系あるいは光路分割素子を備えることもある。

【0050】図2(a)において、左側のレンズユニット(2L、25L、3L、4L)と右側のレンズユニット(2R、25R、3R、4R)は、対物レンズ1の中心軸でもある光軸を挟んで左右に配置されている。このとき、両レンズユニットの光軸からの距離は左右ともに等距離であって、それぞれのレンズユニットは対物レンズ1の光軸に平行に配置されている。よって、対物レンズの光軸に対称に配置されていることになる。このような構成を採ることによって、第5の光学装置はガリレオ型の実体顕微鏡となるため、試料を立体的に観察することが可能になる。

【0051】本発明の第6の光学装置は、第1の光学装置において、対物レンズ、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、各々のレンズユニットは試料面に垂直な軸に対して傾斜してかつ対称に配置されていることを特徴とする。

【0052】この第6の光学装置の作用を図3を用いて説明する。図3(a)に正面図、図3(b)に側面図を示す。第6の光学装置は、図3に示すように、左右の対物レンズ1L、1R、左右の観察光学系2L、2R、左右の蛍光を選択透過する光学部材5L、5R、左右の結像レンズ3L、3R、左右の接眼レンズ4L、4Rで構成している。

【0053】よって、対物レンズ、前記光学観察系ユニット及び前記結像光学系ユニットは一对のレンズユニットを有することになる。

【0054】そして、左側のレンズユニット(1L、2L、5L、3L、4L)と右側のレンズユニット(1R、2R、5R、3R、4R)は、試料7に垂直な軸を挟んで左右に配置されている。このとき、試料7に垂直

な軸に対して α の同じ角度で傾いて配置されている。よって、試料7に垂直な軸に対称に配置されていることになる。

【0055】このような構成をとることによって、第6の光学装置はグリノー型の実体顕微鏡となるため、試料を立体的に観察することが可能になる。

【0056】本発明の第7の光学装置は、第5の光学装置において、レンズユニットの各々の光軸を含む面が対物レンズの光軸から偏心して位置するように、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットを配置したことを特徴とするものである。

【0057】この第7の光学装置の作用を説明する。第7の光学装置では、図4(a)に示すように、対物レンズ1の光軸に対して2つの独立した観察光学系の光軸を含む平面が反射部材6とは反対の方向へ偏心して配置されている。

【0058】すなわち、図4(a)において、上側の図は対物レンズ1の反射部材6が配置されている付近での断面図、下側の図は側面図であり、図中、1は対物レンズ、2₁、2₂は一对のユニットで構成されている2つの独立した観察光学系に導かれる光束の領域、2₃は反射部材6によって偏向された励起光が通過する領域、Oは対物レンズ1の光軸位置、Eは観察光学系の瞳位置と共役な蛍光照明装置A内の照明光学系の瞳位置を示し、側面図は対物レンズ1内の励起光の光路を示してある。図4(a)に示すように、2つの独立した観察光学系の光軸を含む平面が、対物レンズ1の光軸Oに対して、反射部材6とは反対の方向へ偏心して配置されることで、蛍光照明装置Aからの励起光が反射部材6によって偏向されて対物レンズ1に入射して試料7を照明する際に、対物レンズ1内での励起光の光線L'、U'が共にケラレずに照明することが可能となる。

【0059】一方、図4(b)は、対物レンズ1の光軸が、2つの独立した観察光学系の光軸を含む平面から偏心していない様子を示している。この場合、瞳位置Eに入射する角度の大きな励起光の光線U'は対物レンズ1内でケラレてしまうので、観察範囲を照明することができない。

【0060】本発明の第8の光学装置は、第1の光学装置において、前記蛍光照明装置内の照明光学系は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の変倍操作によって変化する観察範囲と前記照明光学系の照明範囲が略一致するように、照明光学系内の少なくとも1つのレンズ群が移動する構成を備えていることを特徴とするものである。

【0061】この第8の光学装置の作用を説明する。第8の光学装置では、蛍光照明装置が移動機構を備えたと共に、照明光学系が少なくとも1つの移動レンズ群を有している。照明光学系によって投影される光源の投影位置は、観察光学系の瞳位置と略共役になるようにするの

が好ましい。これは、光源の投影位置と観察光学系の瞳位置が略共役になっていないと、照明光束の中周辺部の光束が試料に達しないからである。第8の光学装置では、観察光学系の変倍操作により観察光学系の瞳位置が変動しても、照明光学系内の少なくとも1つのレンズ群を図1に示す移動機構15'によって移動させることができるので、照明光学系の瞳位置と観察光学系の瞳位置を略一致させることができる。その結果、観察範囲と照明範囲を略同じにすることができ、従来の蛍光顕微鏡と同様の観察像を得ることができる。

【0062】本発明の第9の光学装置は、第8の光学装置において、照明光学系は、光源からの光を集光するコレクタレンズ群と、光源の1次像を作るための第1リレーレンズ群と、光源の1次像をリレーするための第2リレーレンズ群を備え、前記第1リレーレンズ群中に、第1の反射部材が配置され、光源の1次像近傍に開口絞りが配置され、第2リレーレンズ群中に少なくとも1つの移動可能なレンズ群と第2の反射部材が配置され、照明光学系内で第1の波長選択部材を交換可能に配置したことを特徴とするものである。

【0063】この第9の光学装置の作用を説明する。図5、図6は第9の光学装置の配置を示すものである。図5において、照明光学系は、光源13から順に、光源13からの光を集光するコレクタレンズ群G0、光源13の1次像を作るための第1リレーレンズ群G1、光源13の1次像をリレーするための第2リレーレンズ群G2、及び、観察光学系2L、2Rと対物レンズ1の間に配置された反射部材6で構成されている。そして、第1リレーレンズ群G1中には、第1の反射部材M1が配置されている。光源13の1次像近傍に開口絞りASが配置され、第2リレーレンズ群G2中には、移動可能なレンズ群L22と第2の反射部材M2が配置されている。また、照明光学系内には、第1の波長選択部材である励起フィルタ8、8'が配置され、矢印で示すように交換可能に配置構成されている。

【0064】このように、光源13より発した照明光は、コレクタレンズ群G0によって集光され、第1リレーレンズ群G1中に配置された励起フィルタ8によって試料7を照明する波長が選択透過されていわゆる励起光となる。第1リレーレンズ群G1は光源13の1次像を形成し、この近傍に開口絞りが配置される。第2リレーレンズ群G2はこの1次像を観察光学系2L、2Rの瞳位置と略共役な位置であるその近傍に投影する。

【0065】観察光学系は変倍光学系を有しており、観察像の大きさを変化させることができるが、変倍を行うと、観察光学系2L、2Rの瞳位置及び瞳径の大きさが変化する。このままだと、光源13の投影位置は観察光学系2L、2Rの瞳位置と共役にならない。そこで、光源13の2次像をその瞳位置と共役な位置に一致させ、かつ、瞳径の大きさに対して光源像を最適な大きさにす

るために、第2リレーレンズ群G2内に配置されたレンズ群L22を移動機構15'によって図5(b)に示すように光軸方向に移動させることができる。このように、第2リレーレンズ群G2内のレンズ群L22を観察光学系の変倍に連動して光軸方向に移動させることによって、観察光学系2L、2Rの変倍操作による観察範囲の変化に対応して、照明範囲が連動して変化し、しかも、観察光学系2L、2Rの瞳径に対して光源13の投影像の大きさが略一致して瞳径を満たすようになるために、操作性に優れ、明るい蛍光観察が可能となる。

【0066】なお、光源13の1次像近傍に配置された開口絞りASは、励起光の照明強度を調節する機能として作用する。

【0067】照明光学系を上述した構成にすることにより、照明光学系はケーラー照明系として機能するため、明るくむらのない照明を行うことができる。

【0068】本発明の第10の光学装置は、第1又は第9の光学装置において、コレクタレンズ群と光源との間隔を変化させて、光源の投影位置と試料を略一致させるクリティカル照明が可能となることを特徴とするものである。

【0069】本発明の第11の光学装置は、第10の光学装置において、コレクタレンズ群が光源に対して、観察光学系ユニット内の観察光学系の変倍操作に対して独立して移動可能であって、蛍光照明光学系における光源に最も近い試料の共役位置と光源までの間隔をDとし、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0070】 $|D| \leq 3 \text{ mm}$

この第10、第11の光学装置の作用を説明する。第10の光学装置は、コレクタレンズ群G0と光源13の間隔を変化させることができる移動機構15を備えている。このような構成をとることで、光源の投影位置と試料面を略一致させることができるので、いわゆるクリティカル照明を実現できる。よって、観察範囲を全て照明できるケーラー照明と、中心部のみをより明るく照明が可能でクリティカル照明を、必要に応じて選択することができるので、操作性に優れる。特に、クリティカル照明にした場合は、暗い蛍光像をより明るく観察できる。

【0071】さらに、第11の光学装置は、コレクタレンズ群G0と光源13の間隔変化は、観察光学系の変倍操作に対応して移動するレンズ群とは独立している他、照明光学系における試料の光源に最も近い共役位置と光源13の間隔Dを

$|D| \leq 3 \text{ mm}$

とすることで、光源13から射出された開口数の大きな光をコレクタレンズ群G0で無駄なく取り込みながら、光源13とコレクタレンズ群G0の間隔を変化させてクリティカル照明を可能にすることができる。この結果、観察範囲を全て照明できるケーラー照明と、中心部のみをより明るく照明できるクリティカル照明が選択可能に

10

20

30

40

50

なり、操作性が良くなる他、暗い蛍光像をより明るく観察できる。

【0072】本発明の第12の光学装置は、第3の光学装置において、第1の波長選択部材と第2の波長選択部材が連動して切り換わる機構を備えていることを特徴とするものである。

【0073】この第12の光学装置の作用を説明する。この光学装置では、第1の波長選択部材である励起フィルタ8と第2の波長選択部材である吸収フィルタ5が連動して切り換わる機構を備えている。このように、励起フィルタ8と吸収フィルタ5が連動して光路上に挿脱されることで、蛍光色素に対応した励起フィルタ8と吸収フィルタ5の最適な組み合わせが容易に選択でき、操作性が大幅に向上する。

【0074】本発明の第13の光学装置は、対物レンズと、変倍光学系を含む観察光学系ユニットと、結像レンズと接眼レンズを含む結像光学系ユニットを備えた観察装置と、前記観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置を備えた光学装置であって、蛍光照明装置は、光源と、前記対物レンズに近接して配置された先端照明部と、前記光源と前記先端照明部の間に配置され前記光源からの照明光を前記先端照明部に導く照明光学系と備えており、前記照明光の中特定の波長域の光を選択透過する第1の波長選択部材を前記光源と前記先端照明部の間に配置し、試料から発する蛍光の波長域の光を選択透過する第2の波長選択部材を前記対物レンズと前記結像光学系ユニットの間に配置し、前記先端照明部は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の中心位置と前記蛍光照明装置による照明光の中心位置が前記試料面上で一致するように前記対物レンズの周囲に配置され、前記照明光学系は少なくとも1つの移動レンズ群と移動機構を備え、前記観察光学系の変倍に伴い前記移動レンズが移動して観察範囲と照明範囲が略一致することを特徴とするものである。

【0075】本発明の第14の光学装置は、第13の光学装置において、第2の波長選択部材は、蛍光照明装置に一体に構成されていることを特徴とするものである。

【0076】本発明の第15の光学装置は、第14の光学装置において、第2の波長選択部材が、第1の波長選択部材と一体に構成されていることを特徴とするものである。

【0077】本発明の第16の光学装置は、第13の光学装置において、蛍光照明装置は、光源からの光を前記対物レンズを介さずに先端照明部を通過して試料を照明することを特徴とするものである。

【0078】この第13、第14、第15、第16の光学装置の作用を図6を用いて説明する。図6(a)は側面図、図6(b)は正面図である。

【0079】第13の光学装置は、対物レンズ1と、変倍光学系を含む観察光学系ユニット2L、2Rと、結像

レンズ3L、3Rと接眼レンズ4L、4Rを含む結像光学系ユニット9を備えた観察装置と、この観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置Aを備えている。蛍光照明装置Aは、光源13と、コレクタレンズ群G0を含む複数のレンズ群と、反射部材を有する照明光学系を備えている。さらに、蛍光照明装置Aは、対物レンズ1に近接して配置された先端照明部Bを備えている。また、光源13と先端照明部Bの間には、試料7へ照明する波長を選択透過する第1の波長選択部材、すなわち、励起フィルタ23が配置されている。蛍光照明装置Aは、試料面で観察光学系の中心位置と照明光学系の照明中心位置が一致するように試料7を照明する。試料7から発した蛍光は、蛍光波長を選択透過する第2の波長選択部材である吸収フィルタ25L、25Rを通る。なお、吸収フィルタ25L、25Rは対物レンズ1と結像光学系ユニット9の間に配置されている。また、観察光学系の変倍操作に伴い、蛍光照明装置Aに設けられた少なくとも1つのレンズ群が変倍操作に連動して移動し、観察範囲と照明範囲が略一致するように、移動機構15'を備えている。このように、観察範囲と照明範囲が略一致する機構を備えているので、効率の良い照明が可能となる。

【0080】第14の光学装置は、第13の光学装置において、蛍光を選択透過する第2の波長選択部材である吸収フィルタ25R、25Lを蛍光照明装置Aと一体化して一つのユニットとして構成することにより、従来の観察装置にも容易に蛍光照明装置Aが組み合わせられる。よって、従来蛍光観察ができなかった光学装置においても、蛍光観察が可能となる。

【0081】第15の光学装置は、第13の光学装置において、第2の波長選択部材である吸収フィルタ25R、25Lと第1の波長選択部材である励起フィルタを図1と同様に一体化して一つのユニットにすることにより、フィルタ交換が容易になるというようにシステムの取り扱いが容易になる。

【0082】本発明の第16の光学装置では、励起光が対物レンズ1を通過せずに、蛍光照明光学系内の先端照明部Bを通過して試料7を照明するために、対物レンズ1、観察光学系2L、2Rからの自家蛍光の発生がない。よって、コントラストの高い試料像の観察が可能となる。

【0083】本発明の第17の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部はレンズを備え、先端照明部内の少なくとも1つのレンズ光軸が、先端照明部の光軸に対して偏心して配置されたことを特徴とするものである。

【0084】本発明の第18の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部内に、平面のみで構成されると共に、入射光を屈折作用のみによって射出する光学部材が配置されていることを特徴とするものである。

【0085】この第17、第18の光学装置の作用を説

10

20

30

40

50

明する。第17の光学装置では、図6(a)に示すように、先端照明部B内のレンズB1、B2が、先端照明部Bの光軸に対して偏心して配置されている。また、第18の光学装置では、図7(a)に示すように、くさびプリズムP7、P8が先端照明部Bに配置されている。このように光学素子を配置することによって、蛍光照明光学系の光軸と対物レンズ1の光軸が試料面で一致させることができるので、効率の良い照明が可能となる。

【0086】本発明の第19の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部内に、平面のみで構成され

ると共に、入射光を屈折作用と反射作用によって射出する光学部材が配置されていることを特徴とするものである。

【0087】この第19の光学装置の作用を説明する。図7(b)に示すように、第19の光学装置では、先端照明部B内に、少なくとも一つの偏向プリズムP6が配置されている。偏向プリズムP6に入射した励起光は、偏向プリズムP6の第1面aで屈折し、偏向プリズムP6の第2面bで全反射され、偏向プリズムP6の第3面cで反射して、再び偏向プリズムP6の第2面bを透過

屈折して射出して試料を照明する。

【0088】このように、第19の光学装置では、偏向プリズムP6を使用することで、先端照明部Bを簡単な構成にすると共に、コンパクトに構成することが可能である。また、b面が全反射面として作用するために、反射ミラーを用いた場合に比べ、励起光強度の損失が少なくなる。

【0089】本発明の第20の光学装置は、第13の光学装置において、蛍光照明光学系側から順に、対物レンズの光軸と前記先端照明部の照明光軸を含む平面に垂直な平面内に、前記照明光軸を偏向させる第1の偏向部材と、前記第1の偏向部材によって偏向された前記照明光軸を、試料面に対して斜めにかつ前記対物レンズの光軸を含む平面内に偏向するための第2の偏向部材を配置したことを特徴とするものである。

【0090】本発明の第21の光学装置は、第20の光学装置において、さらに、前記第1の偏向部材よりも光源側の先端照明部内の光軸と前記対物レンズの光軸を含む平面に、直交する平面内に光軸を偏向するための第3の偏向部材を少なくとも2つ備えたことを特徴とするものである。

【0091】この第20、第21の光学装置の作用を説明する。第20の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部Bに2つの偏向部材を備えている。図8(a)に側面図、図8(b)に正面図を示すように、先端照明部Bに入射した照明光は偏向部材であるプリズムP4、P5によって試料7上に導かれる。プリズムP4、P5によって対物レンズ1の光軸から離れた位置に照明光の光軸を設定できるので、光源を観察装置から離すことができる。また、先端照明部Bをコンパクトに構

成することができる。

【0092】第21の光学装置は、図8(c)に側面図、図8(d)に正面図を示すように、プリズムP4よりも光源側に別の偏向部材である2つのプリズムP2、P3を配置して、プリズムP2、P3、P4、P5の順に経て偏向を繰り返すもので、光源を観察装置からさらに離すことができる他に、照明光路のレイアウトの自由度が増えるので、照明性能を維持しつつ先端照明部をコンパクトにすることができる。

【0093】本発明の第22の光学装置は、第13の光学装置において、前記先端照明部内に、少なくとも2つのトーリック面を持つ光学部材を配置したことを特徴とするものである。

【0094】本発明の第23の光学装置は、第13の光学装置において、前記先端照明部内に、少なくとも1つの光軸に対して非対称な面を持つ光学部材を配置したことを特徴とするものである。

【0095】この第22、第23の光学装置の作用を説明する。第22の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部Bに2つのトーリック面を持つ光学部材備えている。図9に示すように、先端照明部に入射した照明光は2つのトーリック面を持つトーリックレンズB2に入射する。ここで、トーリックレンズB2の一方の面の曲率半径と他方の面の曲率は、同じであっても異なってもよい。一方の面の曲率半径と他方の面の曲率が異なる場合、トーリックレンズB2を通過した光束は楕円になる。よって、試料7に対して照明光(励起光)が斜めに照射される場合(偏斜照明)であっても、試料7上の照明領域を円形にすることができる。

【0096】第23の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部Bに非対称な面を持つ光学素子を備えている。トーリックレンズと同様の作用効果が得られる。また、偏斜照明に対しては収差補正能力が高いため、照明領域をより均一に照明することができる。

【0097】本発明の第24の光学装置は、第22の光学装置において以下の条件を満足するものである。

【0098】 $F_y < F_x$

$0.8 < (F_y / F_x) / \cos \theta < 1.2$

ここで、 θ は先端照明部Bの照明光学系の光軸と対物レンズ1の光軸とのなす角度である。また、 F_x は先端照明部Bの焦点距離であって、回転対称光学系で構成された照明光学系で照明したときに試料上に形成される楕円形状の照明範囲の短軸方向における焦点距離である。また、 F_y は先端照明部Bの焦点距離であって、短軸方向と直交する長軸方向における焦点距離である。また、本発明の第25の光学装置は、第22の光学装置において以下の条件を満足するものである。

【0099】 $|M_y| < |M_x|$

$0.8 < (|M_y| / |M_x|) / \cos \theta < 1.2$

ここで、 θ は先端照明部Bの照明光学系の光軸と対物レ

ンズの光軸とのなす角度である。また、 M_x は先端照明部Bの光学系における投影倍率であって、回転対称光学系において角度 θ で照明したときに試料上に形成される楕円状の照明範囲の短軸方向の投影倍率で、試料をI、先端照明部Bによる試料像を I_x' とすると、 $M_x = I / I_x'$ で求まる倍率である。また、 M_y は短軸方向と直交する長軸方向の投影倍率であって、試料をI、先端照明部Bによる試料像を I_y' とすると、 $M_y = I / I_y'$ で求まる倍率である。

【0100】この第24、第25の光学装置の作用を説明する。照明光学系を回転対称な円形形状の光学部材で構成し、試料の斜め方向から照明光を照射した場合、試料上で照明光束は楕円になる。一方、観察範囲は円形であるから、照明範囲（楕円）と観察範囲（円）が一致しない。そこで、光学装置の先端照明部を上記条件を満足するようにすることによって、照明範囲の形状を略円形にすることができる。その結果、先端照明部の射出側の光軸が対物レンズの光軸に対して傾いていても、十分に効率の良い照明が可能となる。

【0101】本発明の第26の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部の光学系の焦点距離をF、対物レンズの焦点距離をFobとすると、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0102】 $0.7 \leq F_{ob}/F \leq 1.2$

本発明の第27の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部により照明される面積をS、対物レンズで観察する範囲の面積をSobとすると、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0103】 $0.5 \leq S_{ob}/S \leq 1.4$

この第26、第27の光学装置の作用を説明する。光学装置の対物レンズは交換可能である。よって、別の対物レンズが用いられた場合、観察範囲や作動距離が異なるため、先端照明部も使用する対物レンズに応じて交換可能に構成することが望ましい。このとき、先端照明部が上記条件を満足することによって、対物レンズの交換によって観察範囲や作動距離が変化しても、照明光の照明範囲や照明強度が最適に調整された状態でケーラー照明が行える。

【0104】本発明の第28の光学装置は、第13の光学装置において、先端照明部内のレンズ群に、対物レンズの試料に最も近いレンズ群の一部の領域を先端照明部のレンズ群と共有することを特徴とするものである。

【0105】この第28の光学装置の作用を説明する。先端照明部は対物レンズの外周に近接して配置されている。そのため、対物レンズの最も試料に近いレンズと先端照明部のレンズ群の水平位置は略同じになる。そこで、対物レンズの最も試料に近いレンズの径を大きくし、対物レンズの周辺部を先端照明部のレンズ群として使用することができる。このように構成することによって、試料上で先端照明部の光軸と対物レンズの光軸を一

致させることができる。

【0106】本発明の第29の光学装置は、第13の光学装置において、試料を載せる架台と、架台に設置された支柱と、支柱に保持され試料と対物レンズの間隔を変化させる準焦部ユニットを有し、準焦部ユニットは蛍光照明装置を保持し、蛍光照明装置は観察装置を保持することを特徴とするものである。

【0107】この第29の光学装置の作用は、第4の光学装置で説明した通りである。

【0108】本発明の第30の光学装置は、第13の光学装置において、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、該一对のレンズユニットは対物レンズの光軸に平行にかつ対称に配置されていることを特徴とするものである。

【0109】この第30の光学装置の作用は、第5の光学装置で説明した通りである。

【0110】本発明の第31の光学装置は、第13の光学装置において、対物レンズ、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、各々のレンズユニットは試料面に垂直な軸に対して傾斜してかつ対称に配置されていることを特徴とするものである。

【0111】この第31の光学装置の作用は、第6の光学装置で説明した通りである。

【0112】本発明の第32の光学装置は、第13の光学装置において、照明光学系は、光源からの光を集光するコレクタレンズ群と、光源の1次像を作るための第1リレーレンズ群と、光源の1次像をリレーするための第2リレーレンズ群を備え、光源の1次像近傍に開口絞りが配置され、第2リレーレンズ群中に少なくとも1つの移動可能なレンズ群を備えたことを特徴とするものである。

【0113】この第32の光学装置の作用を説明する。図6に示すように、照明光学系は、光源13、光源13からの光を集光するコレクタレンズ群G0、光源13の1次像を作るための第1リレーレンズ群G1、光源13の1次像をリレーするための第2リレーレンズ群G2、先端照明部Bを備えている。第1リレーレンズ群G1中には、光源13からの光を選択透過する励起フィルタ23が配置されている。光源13の1次像近傍には開口絞りASが配置され、第2リレーレンズ群G2中に少なくとも1つの移動可能なレンズ群22と、このレンズ群22を移動させる移動機構15'を備えている。

【0114】この構成においては、観察光学系の変倍操作により観察範囲が変化しても、照明光学系内の少なくとも1つのレンズ群22を移動させることにより、光源の2次像の投影位置が観察光学系の瞳位置と共役な位置に略一致すると共に、照明光学系の投影倍率が変化して、観察範囲と照明範囲を略同じにすることができる。よって、従来と変わらず、ケーラー照明とすることがで

きるので、従来の蛍光顕微鏡と同様の照明性能と操作性を得ることができる。

【0115】本発明の第33の光学装置は、第13又は第32の光学装置において、前記コレクタレンズ群と光源との間隔を変化させて、光源の投影位置と試料を略一致させるクリティカル照明が可能となることを特徴とするものである。

【0116】この第33の光学装置の作用は、第10の光学装置で説明した通りである。

【0117】本発明の第34の光学装置は、第33の光学装置において、コレクタレンズ群が、光源に対して、観察光学系ユニット内の観察光学系の変倍操作に対して独立して移動可能であって、照明光学系における光源に最も近い試料の共役位置と光源までの間隔をDとし、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0118】 $|D| \leq 3\text{mm}$

この第34の光学装置の作用は、第11の光学装置で説明した通りである。

【0119】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の光学装置の実施例について説明する。

【0120】（実施例1）本発明の光学装置の実施例1の構成を図10に示す。図10（a）は光学装置の正面図であって、蛍光を観察する光学系のみを示している。また、図10（b）光学装置全体を側面から見たときの図である。また、図11（a）は実施例1の光学装置で蛍光照明装置を使用しない場合の構成における側面図、図11（b）は実施例1の光学装置に用いられる架台受けの構成を示している。

【0121】実施例1の光学装置は、架台10、架台受け14、支柱11、準焦部ユニット19、観察装置C、蛍光照明装置A、で構成されている。

【0122】架台10は、試料を載せるステージとしての役割と、架台受け14を介して支柱11を保持する役割を持っている。架台受け14には、図11（b）示すように、支柱11を挿入するための挿入孔が2つ設けられている。挿入孔の形状は支柱11の形状と一致しており、円形でも多角形でも構わない。

【0123】架台受け14が架台10に取り付けられた状態において、試料7から遠い位置に設けられた挿入孔14aは蛍光照明装置Aを使用する場合に用いられる。一方、試料7に近い位置に設けられた挿入孔14bは蛍光照明装置Aを使用しない場合に用いられる。ここで、挿入孔14aと挿入孔14bの間隔は、蛍光観察装置Aの使用の有無に係わらず、架台10上の同じ位置に置かれている試料7の真上に観察装置Cが位置するように設定されている。よって、蛍光照明装置Aを使用している状態の図10（a）と蛍光照明装置Aを使用していない状態の図11（a）を比較して分かるように、何れの状態においても、試料7の位置を移動させることなく観察装

置Cを介して試料の観察が行える。

【0124】図10に示す光学装置の中には、架台10の内部に透過照明光学系を設けて、試料7を架台10側から照明して透過照明観察が行えるようになっているものがある。このような光学装置では、透過照明光学系の光軸によって試料7の配置位置が決ってしまうため、試料7の位置を移動することはできない。そこで、上記のように、蛍光観察装置の有無に関わらず試料7の位置が一定に保たれるように構成しておけば、透過照明光学系を備えた観察装置でも蛍光観察と透過照明観察の切り換えが容易に行える。

【0125】なお、挿入孔を1つだけ設けておき、蛍光照明装置Aを使用する場合は直線状の支柱を使用し、蛍光照明装置Aを使用しない場合は、破線で示すようなクランク型の支柱11'を用いるようにしてもよい。支柱11には準焦部ユニット19が取り付けられている。そして準焦部ユニット19には蛍光照明装置Aが取り付けられ、蛍光照明装置Aに観察ユニットCが取り付けられている。なお、上述したように、蛍光観察装置Aを介さずに観察ユニットCを準焦部ユニット19に取り付けることもできる。この場合は、蛍光観察を行わない従来の光学装置と同じ構成になる。また、準焦部ユニット19には準焦ノブ19aが設けられており、この準焦ノブ19aを回転することによって、準焦部ユニット19が支柱11に沿って架台10に近づいたり離れたりする。それに伴って、試料7と観察装置Cの間隔が変化するため、合焦状態を調節することができる。

【0126】観察装置Cは、対物レンズ1、観察光学系ユニット2、結像光学系ユニット9を備えている。観察光学系ユニット2は変倍光学系を備える他、場合によってはリレー光学系や光路分割プリズムを有することもある。このような光学系全体で観察光学系を構成している。結像光学系ユニット9は、結像レンズ3と接眼レンズ4を備えている。これらのレンズは一つのユニットになっている場合もあれば、別々のユニットになっており結合して結像光学系ユニットを構成する場合もある。

【0127】蛍光照明装置Aは、光源13と照明光学系を備えている。照明光学系は、コレクタレンズ群16の他に、複数のレンズ群、絞り、反射部材で構成されている。また、光源13からの照明光を試料7に照射するために、対物レンズ1と観察光学系ユニット2の間に反射部材6が配置されている。反射部材6の配置位置は対物レンズ1の周辺部で、観察装置Cの光軸12（対物レンズ1の光軸）に対して偏心した位置である。また、反射部材6の配置位置は観察光学系ユニット2及び結像光学ユニット9で決まる視野領域の外に相当する位置でもあるため、試料7の観察の邪魔になることはない。なお、この反射部材6は、図10では蛍光照明光学装置Aと一体になっている方が取り扱いの点で好ましいが、蛍光照明装置Aと別体に構成することもできる。

【0128】実施例1の光学装置では、光源13と反射部材6の間に励起フィルタ8が配置されている。励起フィルタ8は、光源13からの照明光の中、特定の波長域の光のみを透過させる光学特性を備えている。励起フィルタ8で選択的に透過させる特定の波長域は、試料7で用いられている蛍光色素あるいは蛍光タンパク質に合わせてあり、試料7から強い蛍光が発生するように選定されている。試料7から発生した蛍光は、対物レンズ1、観察光学系ユニット2を通過し、結像光学系ユニット9の接眼レンズ4で蛍光像として観察される。このとき、試料7からは蛍光の他に照明光（励起光）が反射してくるため、蛍光の波長域の光のみを透過させる吸収フィルタ5が対物レンズ1と結像光学系ユニット9の間に配置されている。

【0129】このように、第1の光学装置では、試料7を照明する照明光は観察光学系ユニット2を全く通過しない。よって、観察光学ユニット2内の観察光学系による自家蛍光は全く発生しないため、コントラストの高い蛍光像を得ることができる。また、照明光は対物レンズ1を通過するものの、その通過する位置はレンズの周辺部であって、反射部材6の配置位置は観察光学系ユニット2及び結像光学ユニット9で決まる視野領域の外に相当する位置であるため、例えば自家蛍光が発生しても蛍光像に重なることはない。

【0130】さらに、対物レンズ1や観察光学系のレンズを構成する際に、自家蛍光の発生を気にせずに自由に硝材の選択ができるので、観察装置の光学系を非常に良好に補正された光学系にすることができる。同様に、蛍光照明装置Aにおいて自家蛍光が発生しても照明光に比べると光強度が非常に弱いため、照明上何ら問題にならない。よって、照明光学系においても自家蛍光の発生を気にせずに自由に硝材の選択ができるので、照明光学系を非常に良好に補正された光学系にすることができる。

【0131】また、実施例1の光学装置では、図10に示すように、吸収フィルタ5は観察光学系ユニット2と結像光学系ユニット9の間に配置されている。そして、吸収フィルタ5は蛍光照明装置Aとは分離された別のユニットで構成されている。しかしながら、図1に示すように、吸収フィルタ5を蛍光照明装置Aと一体に構成するようにしてもよい。このように構成すれば、蛍光照明装置Aの取り付けや取り外しが容易に行えるので好ましい。

【0132】また、試料7に照射する光の波長と試料7から発生する蛍光の波長には特定の関係がある。よって、励起フィルタ8と吸収フィルタ5を1つのユニットで構成すると、フィルタの交換が容易に行えるため操作性が向上する。図12では、励起フィルタ8と吸収フィルタ5を含むフィルタユニットとして一体化している。そして、光源13とコレクタレンズ群16を含む光源ユニット、レンズ群と反射部材で構成された先端照明ユニ

ットというように機能別にユニット化して蛍光照明装置Aを構成している。

【0133】図12に示す構成では、励起フィルタ8と吸収フィルタ5が1つのユニットで構成されているが、レンズ群や反射部材、絞り等の光学部材が含まれているので、励起フィルタ8と吸収フィルタ5を交換しようとすると、これらの光学部材まで一緒に交換しなければならなくなるので実際的ではない。そこで、図1において破線で示すように、励起フィルタ8と吸収フィルタ5のみでフィルタユニットを構成すれば、他の光学部材はそのままでフィルタの交換が容易に行えるので好ましい。

【0134】図13は、励起フィルタ8と吸収フィルタ5を交換する場合の具体的な構成を示す例である。この例では、複数の励起フィルタと複数の吸収フィルタを保持した部材がフィルタユニットになっており、蛍光照明装置A内で回転する構成になっている。図13(a)において、40はターレット本体、41は軸部材、42、44、46は励起フィルタ、43、45、47は吸収フィルタである。各フィルタはターレット本体40の円周上に等間隔に並んでおり、励起フィルタ42と吸収フィルタ43、励起フィルタ44と吸収フィルタ45、励起フィルタ46と吸収フィルタ47は回転軸を挟んで対称するように配置されている。軸部材41はターレット本体40を貫通する穴に挿入されているため、ターレット本体40は軸部材41を回転中心として回転する。

【0135】フィルタを保持するターレット本体40は円盤状の部材であって、励起フィルタと吸収フィルタをそれぞれ複数保持できる程度の面積と厚みを有している。ターレット本体40には、円周方向に沿って励起フィルタ42、44、46と吸収フィルタ43、45、47が設けられているが、図13(b)に示すように、断面方向で見ると、ターレット本体40にはフィルタの外径よりもわずかに大きな径の凹部48がフィルタの数に応じて設けられている。凹部48の深さは、それぞれのフィルタをこの凹部48に格納したときに、フィルタ表面がターレット本体40の表面から大きく突出しない程度の深さになっている。この凹部48の下には、凹部48よりもさらに小さな径の穴49がターレット本体40を貫通して設けられている。よって、励起フィルタ42、44、46と吸収フィルタ43、45、47は、凹部48と穴49の境界部分で保持されることになる。また、各フィルタ、凹部48及び穴49の径は、照明光及び蛍光を遮らない程度の大きさを少なくとも有している。なお、各フィルタの固定は、凹部48とフィルタの隙間に接着剤を流し込むか、フィルタの上方から押さえ環等によって固定する等、従来の方法を用いればよい。

【0136】この例では、蛍光照明装置Aに予め複数の励起フィルタと複数の吸収フィルタを組み込んだターレットを組み込んでおき、観察する蛍光像の波長に応じてターレットを回転して必要な励起フィルタと吸収フィル

10

20

30

40

50

タの組み合わせ選択することによってフィルタの交換が行われる。よって、蛍光観察装置Aに対して励起フィルタや吸収フィルタを挿脱する必要がなくなるので、操作性が向上する。

【0137】図14は、励起フィルタ8と吸収フィルタ5を交換する場合の具体的な構成を示す別の例である。この例では、1組の励起フィルタと吸収フィルタを保持した部材がフィルタユニットになっており、蛍光照明装置Aに対して挿脱する構成になっている。図14

(a)、(b)において、50はスライダ本体、51、53は励起フィルタ、52、54は吸収フィルタである。

【0138】励起フィルタ51と53は互いに異なる分光透過率特性を有しており、例えば励起フィルタ51は450nm付近の波長を透過する特性を有し、励起フィルタ53は510nm付近の波長を透過する特性を有している。一方、吸収フィルタ52と54もそれぞれ異なる分光透過率特性を有している。そして、吸収フィルタ52は、励起フィルタ51で励起されたときに発生する蛍光の波長域を通過するような特性を有し、吸収フィルタ54は、励起フィルタ53で励起されたときに発生する蛍光の波長域を通過するような特性を有している。

【0139】なお、上述の励起フィルタや吸収フィルタは1つの特定の波長域の光を透過させる特性のものであるが、複数の特定の波長域の光を透過させる分光透過率を有するものであってもよい。例えば、励起フィルタに450nm付近の波長と510nm付近の波長を同時に透過する特性を持たせれば、2つの波長で同時に試料7を照明することができる。よって、試料7が複数の蛍光色素で染色されている場合、2つの波長の蛍光を発生させることができる。また、吸収フィルタにもこの2つの蛍光を同時に透過させる特性を持たせておけば、同時に2色の蛍光像を観察することができる。

【0140】各フィルタを保持するスライダ本体50は板状の部材で、励起フィルタと吸収フィルタをそれぞれ1ずつ保持できる程度の面積と厚みを有している。図14(c)に示すように、スライダ本体50には長辺方向に沿って励起フィルタ51、53と吸収フィルタ52、54の外径よりもわずかに大きな径の凹部55が2つ設けられている。凹部55の深さは、励起フィルタ51、53と吸収フィルタ52、54を凹部55に格納したときに、励起フィルタ51、53と吸収フィルタ52、54の表面がスライダ本体50の表面から大きく突出しない程度になっている。この凹部55の下には、さらに小さな穴56がスライダ本体50を貫通して設けられている。よって、励起フィルタ51、53と吸収フィルタ52、54は、穴55と穴56の境界部分で保持されることになる。また、各フィルタ、凹部55及び穴56の径は、照明光及び蛍光を遮らない程度の大きさを少なくとも有する。なお、各フィルタの固定は、穴5

6との隙間に接着剤を流し込むか、フィルタの上方から押さえ環等によって固定する等、従来の方法を用いればよい。

【0141】この例では、観察する蛍光像の波長に応じたフィルタユニットを複数用意し、この中から必要なフィルタユニットを1つ選択し、スライダ機構等を介して蛍光照明装置Aに対して挿脱することによってフィルタの交換が行われる。よって、例えば新たな励起フィルタと吸収フィルタの組み合わせが必要になった場合、図13の構成だと、一組のフィルタを取り出して新たな一組のフィルタを入れるというように、フィルタの交換作業が必要になるが、図14の構成であれば、新たなフィルタユニットを用意するだけでよく、フィルタ交換の必要がない。なお、図14(a)と(b)を一体化し、これをフィルタユニットとして蛍光照明装置A内でスライドさせるようにしてもよい。

【0142】上記のような構成によって、必要な波長の励起光を容易に試料7に照明することができる。なお、本実施例では、試料7を励起光で照明した際に試料7で反射した励起光が観察者の方向に向かってきても、励起光が観察者に届かないように保護フィルタFを観察装置Cに設けている。

【0143】図15は、蛍光照明装置Aで用いられている光学系の詳細な構成を示すものである。13は光源、G0はコレクタレンズ群で、光源ユニットを構成している。光源13の光軸上から発した照明光は、コレクタレンズ群G0で略平行な光束に変換される。なお、光源ユニットに駆動機構15が備えており、コレクタレンズ群G0を光軸方向に移動することによって、光源13とコレクタレンズ群G0の間隔を変化させることができる。G1は第1のリレーレンズ群で、コレクタレンズ群G0を射出した光束を集光し、光源13の1次像を形成する。本実施例では、第1のリレーレンズ群G1は、正の屈折力のレンズL11、負の屈折力のレンズL12、第1の反射部材(反射ミラー)M1、正の屈折力のレンズL13で構成されている。また、励起フィルタ8がこの第1のリレーレンズ群中、すなわち、第1の反射部材M1と正の屈折力のレンズL13との間に配置されている。よって、光源13からの照明光は励起フィルタ8を通過する際に、励起フィルタ8の分光透過率特性で決まる特定の波長域の光のみが通過し、いわゆる励起光となる。なお、励起フィルタ8は別の分光透過率特性を有する励起フィルタ8'と交換できるようになっている。

【0144】第1のリレーレンズ群G1において、正の屈折力のレンズL11と負の屈折力のレンズL12とでアフォーカル光学系を構成している。よって、コレクタレンズ群G0を射出した略平行な光束は、レンズL11とL12を通過した後も略平行光束のままであるが、この光学系は縮小光学系であるため、光束径が小さくなって射出される。このような構成によって、励起フィルタ

8に入射する光束径が小さくなるので、励起フィルタを小型化できる。

【0145】また、励起フィルタ8に多層膜干渉フィルタを用いた場合、入射角が大きくなる程透過する波長が変化したり、透過率が変化するという多層膜干渉フィルタに特有の性質が問題になる。しかしながら、本実施例のように縮小アフォーカル光学系にすると、光源13から発した照明光の中、軸上光束は励起フィルタ8に対して垂直（光軸に平行）に入射し、軸外光束についても励起フィルタ8に対する入射角が小さくなる（光軸に対する入射角度が小さい）ため、励起フィルタ8に多層膜干渉フィルタを用いても、多層膜干渉フィルタに特有の入射角に関する上記の諸問題の影響を小さくすることができる。

【0146】G2は第2のリレーレンズ群で、第1のリレーレンズ群G1で形成された光源13の1次像をさらにリレーして2次像を形成する。第2のリレーレンズ群G2は、開口絞りAS、正の屈折力のレンズL21、正の屈折力のレンズL22、第2の反射部材M2、正の屈折力のレンズL23で構成されている。また、正の屈折力のレンズL22を光軸方向に沿って移動できるように、移動機構15'を備えている。第2のリレーレンズ群G2に設けられている開口絞りASは、光源13の1次像の位置あるいはその近傍に配置されており、励起光の光強度を調節する機能を果たす。なお、本実施例では開口絞りASは、第2のリレーレンズ群G2に含まれているが、第1リレーレンズ群G1に含まれるようにしてもよい。

【0147】光源13から射出され第1のリレーレンズ群G1の反射部材M1で試料7方向に偏向された照明光は、開口絞りASの位置に光源13の1次像を形成する。光源13の1次像からの照明光は、正の屈折力のレンズL21、L22を通り、正の屈折力のレンズL22とL23の間に配置された反射部材M2によって対物レンズ1の方向に向けて偏向される。反射部材M2で偏向された照明光は、正の屈折力のレンズL23を通過した後集光し、光源13の2次像を形成する。この光源13の2次像の位置は、観察光学ユニット2の観察光学系の瞳位置と略共役な位置である。

【0148】光源13の2次像からの照明光を試料7に向けて照射するため、反射部材6が対物レンズ1と観察光学系ユニット2の間に配置されている。反射部材6の配置位置は前述のように対物レンズ1の周辺部であって、対物レンズ1の光軸から偏心して配置されている。この反射部材6の位置は、試料7の観察を行っても見えないように、観察視野の外に相当する位置である。

【0149】本実施例のように、蛍光観察のための照明を対物レンズの光軸から偏心した位置から行おうとすると、照明光束の中心部は試料7に到達するが、光束の周辺部は対物レンズ1の内部でケラレて試料7に到達しな

い場合が生じることもある。そのため、本実施例では、対物レンズ1の瞳径を大きく構成する（瞳径の大きな対物レンズを使用する）ことで、対物レンズ1の光軸に対して照明光の光軸が偏心して入射しても、対物レンズ1の内部でケラレることがないようにしている。

【0150】また、観察光学系ユニット2は変倍光学系を含んでいる。この変倍光学系はユニット化されているので、観察したい倍率に応じて変倍光学系を各々用意して交換するか、あるいは、変倍できる範囲内で予め設定された複数の倍率の中から倍率を選択する変倍光学系、あるいは、変倍できる範囲内で連続して倍率が選択できる変倍光学系を用意して交換して使用することも可能である。

【0151】このように、本実施例の光学装置は、観察光学系ユニット2に設けられた変倍光学系によって観察像の大きさを変化させることができる。変倍光学系によって変倍が行われると、観察光学系の瞳位置と瞳径が変化する。ここで、観察光学系の倍率が変化したにも係わらず、照明光学装置Aの照明光学系の方は何ら変化しないとする、変倍後の観察光学系の瞳位置と光源13の2次像の位置との共役な関係が崩れてしまう。このように、変倍後の観察光学系の瞳位置と共役な位置に光源13の2次像が一致なくなると、必要な照明範囲を照明できなくなったり、逆に、不必要に広い範囲を照明して照明効率の悪い照明を行うことになる。そこで、本実施例では、移動機構15'によって第2のリレーレンズ群G2中の正の屈折力のレンズL22を光軸方向に移動させるようにしている。

【0152】図15において、破線で囲まれた第2のリレーレンズ群G2は、変倍光学系の倍率が最低倍率のときに対応しており、正の屈折力のレンズL22は反射部材M2の近くに位置している。一方、破線で囲まれた第2のリレーレンズ群G2の右隣には、変倍光学系の倍率が最高倍率のときに対応する第2のリレーレンズ群G2の様子が示されている。正の屈折力のレンズL22は変倍光学系の変倍に伴って光軸に沿って移動し、正の屈折力のレンズL21の近傍まで移動している。このように、本実施例では、正の屈折力のレンズL22が移動するため、光源13の2次像の位置を光軸方向に移動させることができる。よって、変倍光学系によって変倍が行われても、変倍後の観察光学系の瞳位置と共役な位置に光源13の2次像の位置を略一致させることができ、常にケーラー照明が行える。また、正の屈折力のレンズL22の移動によって第2のリレーレンズ群G2のリレー倍率変化する。よって、変倍後の観察光学系の瞳径に光源13の2次像の大きさを略一致させることができる。このようにな構成によって、変倍光学系で変倍が行われて観察範囲が変化しても、それに合わせて照明範囲を変化させることができるため、明るい蛍光観察が可能となる。なお、変倍光学系の倍率の変化は電気的あるいは機

械的に検出することができるため、その検出情報を駆動装置15'に伝えることによって、変倍光学系の変倍と正の屈折力のレンズL22の移動を連動させることもできる。この場合、操作性も向上する。また、移動させるレンズは正の屈折力レンズL22に限らず、他のレンズ（屈折力の正負を問わない）を移動させてもよい。

【0153】光学系のレンズデータとして、後記の表1-1に對物レンズと蛍光照明光学系のレンズデータ、表1-2に蛍光照明光学系の各近軸量の値を示す。表1-1に記した對物レンズの焦点距離Fobは7.5mmである。なお、表1-1の非球面の形状は、zを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向の光軸からの距離とすると、下記の式にて表される（以下、同じ）。

$$\text{【0154】 } z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_2 y^2 + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、A₂、A₄、A₆、A₈、A₁₀はそれぞれ2次、4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0155】表1-1において、第1面から第10面が図15の對物レンズ1に対応し、第11面から第13面が反射部材6に対応し、ここでは反射プリズムである。よって、その第11面が入射面、第12面が反射面、第13面が射出面である。第11面以降は對物レンズ1の光軸に対して1.5mm偏心しており、第14面が對物レンズ1の入射瞳に対応している。第16面から第26面が第2リレーレンズ群G2に対応し、その中、第16面から第17面がレンズL23に対応し、第18面が第2反射部材M2に対応し、第19面から第22面がレンズL22に対応し、第23面から第24面が励起フィルタ8に対応し（この数値例では、第2リレーレンズ群G2中に励起フィルタ8が配置されている。）、第25面から第26面がレンズL21に対応している。また、第27面から第30面が第1リレーレンズ群G1に対応し、その中、第27面から第28面がレンズL13に対応し、第29面から第30面がレンズL11に対応している。さらに、第31面から第43面がコレクタレンズ群G0に対応し、その中、第31面から第34面が赤外カットフィルタに対応する。

$$d1 > 50 \text{ mm}$$

$$d1/d2 > 1.5$$

上記条件は、對物レンズ1の入射瞳径を実体顕微鏡の對物レンズの瞳径と略同じ程度の大きさにすると共に、約10倍程度の低い倍率において式（1）を満足するように観察光学系を構成することによって、立体的な観察は難しいものの、従来の実体顕微鏡や通常の蛍光顕微鏡と比べて、非常に大きな開口数での蛍光観察が可能になる。

【0163】本実施例では、第2のリレーレンズ群G2

*【0156】図16に、表1-1のレンズデータの光学系の最低倍、中間倍、最高倍における光路図を示してある。また、図17に、その光学系の對物レンズの光軸と照明光学系の光軸の偏心状態を示してある。

【0157】表1-1及び図16に示された照明光学系は、以下の点で図15に示された照明光学系と異なる。第1点は、図16ではコレクタレンズ群G0中に赤外線カットフィルタが配置されている点である。赤外線が試料7に照射されると、試料7上で熱が発生して試料7に影響が出てしまう。そのため、赤外線カットフィルタを光源に近い位置に配置している。

【0158】第2点は、図16では第1のリレーレンズ群G1中に負の屈折力のレンズL12が配置されていない点である。本来は、負の屈折力のレンズL12を配置してアフォーカル系を構成することが望ましいが、光束径を小さくすることができると、光軸に対する軸外光束の角度を小さくすることができれば、平行光束でなくとも励起フィルタ8をここに配置することができる。この場合、第1のリレーレンズ群G1の構成を簡素にできるので、蛍光照明装置Aの小型化ができるという利点がある。

【0159】第3点は、図16では第2のリレーレンズ群G2中に励起フィルタ8が配置されている点である。図15では第1のリレーレンズ群G1中に配置されているが、図16では第2のリレーレンズ群G2中に配置されている。上記のように、励起フィルタ8は光束径が小さくて軸外光束の入射角が小さければ、基本的に照明光学系中のどこにでも配置できる。図16はこの様子を示したものである。

【0160】第4点は、反射部材6が反射プリズムになっている点である。図15では反射部材6は反射ミラーであるが、図16に示すように、反射プリズムで構成することもできる。反射プリズムの反射面（第12面）では全反射によって照明光が反射されるため、反射ミラーに比べて照明光の光量ロスを少なくすることができるので好ましい。

【0161】また、對物レンズ1の射出瞳径をd1、観察光学系の入射瞳径をd2とし、それぞれの瞳径の比が以下の条件（1）を満足するようにする。

*【0162】

$$\dots (1)$$

中のレンズを移動させる構成を採用しているが、これは前に説明したように、変倍光学系による変倍が行われてもケーラー照明が行えるようにするためである。これとは別に、本実施例では、クリティカル照明が行えるようにもしている。そのため、移動機構15を設け、この移動機構15によってコレクタレンズ群G0を移動させ、光源13とコレクタレンズ群G0との間隔を変化できるようにしている。コレクタレンズ群G0を光軸方向に移

動させると光源13の投影像の位置も光軸方向に移動し、最終的には光源13の投影位置と試料7面が一致してクリティカル照明となる。このように、本実施例では、観察範囲の全てを均一に照明することができるケーラー照明と、中心部をより明るく照明することができるクリティカル照明のどちらの照明も可能であるため、観察状況に応じて最適の照明が行える。特に、クリティカル照明にした場合は、暗い蛍光像をより明るく観察することができる。また、コレクタレンズ群G0を移動させるだけで照明状態を切り替えることができるので、操作性の良い光学装置を実現できる。

【0164】ここで、光源13とコレクタレンズ群G0の間隔変化は、変倍光学系の変倍操作に対応して移動す*

$$|D| \leq 3 \text{ mm}$$

ここで、Dは照明光学系における試料7の光源13に最も近い共役位置と光源13と間隔である。より詳しくは、対物レンズ1と照明光学系とで構成される光学系によって照明光学系内に投影された試料7の像位置であって、最も光源13側に形成された試料7の共役位置を、光源13を基準にして測定した距離である。図15では試料7の共役位置は光源13とコレクタレンズ群G0の間になっているが、光源13を挟んでコレクタレンズ群G0と反対側に形成される場合もある。なお、この条件は、変倍光学系の変倍範囲内における全ての倍率で満足していることが望ましい対物レンズ1と照明光学系とで構成される光学系が条件(2)を満足するように構成することによって、光源13の位置をわずかに移動させるだけで光源13の位置と試料7の共役な位置を一致させることができる。その結果、光源13の近傍に射出された開口数の大きな光をコレクタレンズ群G0で無駄なく取り込みながら、試料7に対してクリティカル照明が行える。条件(2)を満足しない場合、光源13がコレクタレンズ群G0に近づきすぎて光源13とコレクタレンズ群G0が接触するという問題がある。また、逆に光源13がコレクタレンズ群G0から離れすぎてしまい、光源13から射出する光束の一部をコレクタレンズ群G0が取り込めなくなり照明光の光量損失を招く。

【0167】光源13の位置と試料7の共役な位置を一致させるためには、光源13を各変倍時における試料7の光源13に最も近い共役位置に光軸方向に移動させることになるが、光源13を移動させることは実際には難しい。よって、コレクタレンズG0を移動させて、光源13の位置に試料7の共役な位置を一致させるようにすることが好ましい。なお、表1-1に示した光学系は、表1-2に示すように、D(表1-2では射出瞳位置としている)の値が、変倍光学系の最低倍率、中間倍率、最高倍率の何れにおいても条件(2)を満足しているため、どの倍率においてもクリティカル照明が行える。

【0168】(実施例2)本発明の光学装置の実施例2を図18に示す。図18に示す光学装置は、実施例1の

* 正の屈折力のレンズL22の移動とは独立している。よって、変倍光学系の変倍に応じて正の屈折力のレンズL22が移動すると、変倍前に光源13の投影位置と試料7面の位置が一致していても、変倍後では一致しなくなる。したがって、変倍を行った後もクリティカル照明を行うには、再度コレクタレンズ群G0を移動させなければならない。なお、移動機構15と移動機構15'を連動させて動かせば、変倍を行いながらクリティカル照明を行うことができる。

【0165】クリティカル照明光を行う場合、対物レンズ1と照明光学系とで構成される光学系が以下の条件(2)を満足するように構成されているのが望ましい。

【0166】

・・・(2)

光学装置の観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットを一对のレンズユニットで構成し、この一对のレンズユニットを対物レンズの光軸に平行にかつ対称に配置したもので、いわゆるガリレオ型の実体顕微鏡である。なお、蛍光照明装置A、架台10、架台受け14、支柱11、準焦ユニット19は実施例1と同様の構成が用いられる。また、照明光学装置Aにおいて、コレクタレンズ群G0の移動、第2のリレーレンズ群G2中のレンズの移動は実施例1と同様に行える。また、実施例1で示したフィルタユニットを一部改造することによって、励起フィルタ23と吸収フィルタ25L、25Rの交換も可能である。

【0169】実施例2の光学装置はガリレオ型の実体顕微鏡であるから、左側のレンズユニット(2L、25L、3L、4L)と右側のレンズユニット(2R、25R、3R、4R)は、対物レンズ1の中心軸でもある光軸を挟んで左右に配置されている。このとき、両レンズユニットの光軸からの距離は左右共に等距離であって、それぞれのレンズユニットは対物レンズ1の光軸に平行に配置されている。よって、対物レンズ1の光軸に対称に配置されていることになる。このような構成をとることによって、試料7を立体的に観察することが可能になる。

【0170】実施例2では、対物レンズ1は実施例1と同様に単体で構成されているが、観察光学系ユニット2は左右一对の観察光学系2L、2Rで構成されている。また、結像光学系ユニット9も左右一对の結像レンズ3L、3R、及び、左右一对の接眼レンズ4L、4Rで構成されている。

【0171】このように、実施例2の光学装置は、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットが一对のレンズユニットで構成されているため、蛍光を選択透過する第2の波長選択素子である吸収フィルタも、25L、25Rというように左右一对設けられている。したがって、試料7から発した蛍光は、対物レンズ1を通過した後、左側のレンズユニットと右側のレンズユニットをそれぞれ

れ通り、観察者の左右の眼に到達する。実施例1と同様に、試料7を照明する照明光は観察光学系ユニット2を全く通過しない。よって、観察光学ユニット2内の観察光学系2L、2Rによる自家蛍光は全く発生しないため、コントラストの高い蛍光像を得ることができる。また、照明光は対物レンズ1を通過するものの、その通過する位置はレンズの周辺部であって、反射部材6の配置位置は観察光学系ユニット2及び結像光学ユニット9で決まる視野領域の外に相当する位置であるため、例えば自家蛍光が発生しても蛍光像に重なることはない。さらに、対物レンズ1や観察光学系のレンズを構成する際に、自家蛍光の発生を気にせずに自由に硝材の選択ができるので、観察装置の光学系を非常に良好に補正された光学系にすることができる。同様に、蛍光照明装置Aにおいて自家蛍光が発生しても照明光に比べると光強度が非常に弱いので、照明上何ら問題にならない。よって、照明光学系においても自家蛍光の発生を気にせずに自由に硝材の選択ができるので、照明光学系を非常に良好に補正された光学系にすることができる。

【0172】本実施例においても、実施例1と同様に、対物レンズ1の光軸から偏心した位置に反射部材を配置して照明を行っているが、上記左右のレンズユニットの各々の光軸を含む面が対物レンズ1の光軸から偏心して位置するように、対物レンズ1に対して観察光学系ユニット2及び結像光学系ユニット9を配置することが望ましい。この点について、図19を用いて説明する。

【0173】図19(a)は、左右のレンズユニットの各々の光軸を含む面が対物レンズ1の光軸から偏心して位置する場合を示す図で、上側の図は観察光学系ユニットの方向から対物レンズ1を見たときの図で、下側は側面から見た図である。19(b)は、左右のレンズユニットの各々の光軸を含む面が対物レンズ1の光軸と一致している場合を示す図で、上下の図は図19(a)と同様である。図19において、1は対物レンズ、2L'と2R'は左右のユニットである観察光学系によって導かれる光束の領域、Oは対物レンズ1の光軸、30'は反射部材30によって導かれる励起光束の領域、U'、L'は励起光の光束周辺部の光線、Eは観察光学系2L、2Rの瞳位置と共役な位置、Xは遮光部材である。

【0174】蛍光照明装置Aからの励起光を対物レンズ1に入射させて試料7を照明する場合、観察範囲と同じ範囲を照明するためには、観察光学系2L、2Rの瞳を通過する光線と同じ角度で励起光の光線を対物レンズ1に入射させる必要がある。対物レンズ1の光軸に対して最も大きな角度で入射するのは、光束周辺部の光線であるから、これらの光線が対物レンズ1内でケラれることがないようにすることが望ましい。そこで、本実施例では、図19(a)に示すように、反射部材30によって導かれる光束の領域30'ができるだけ対物レンズ1の中心部を通過するように、観察光学系によって導かれる光

束の領域2L'、2R'を対物レンズ1の光軸Oからやや離れた周辺部を通過するようにしている。この状態では、観察光学系2L、2Rの光軸を結ぶ線は対物レンズ1の光軸Oから偏心しているため、観察光学系2L、2Rの光軸を含む面は対物レンズ1の光軸から偏心して位置することになる。このような構成では、励起光の光束周辺部の中、光線L'は対物レンズ1に入射して、すぐに対物レンズ1の光軸Oを横切って照明範囲の一端に達する。一方、光線U'の入射位置は対物レンズの光軸Oと外周部の中間付近になるため、対物レンズ1内のレンズで屈折されながら対物レンズ1の外周部近傍を通過し照明範囲の他端に達する。したがって、対物レンズ1の内部で励起光がケラれることはない。

【0175】一方、図19(b)に示すように、観察光学系2L、2Rの光軸を結ぶ線が対物レンズ1の光軸Oと一致するように観察光学系ユニット2と結像光学系ユニット9が配置された場合、励起光の光束周辺部の中、光線L'は対物レンズ1に入射して対物レンズ1の光軸Oを横切って照明範囲の一端に達するが、光線U'の入射位置は対物レンズ1の外周部付近になるため、対物レンズ1内のレンズで屈折されても途中で対物レンズ1の外周部からはみ出してしまい、照明範囲の他端に達しなくなる。したがって、対物レンズ1の内部で励起光がケラれてしまうことになる。

【0176】以上説明したように、ガリレオ型の実体顕微鏡のように一対のレンズユニットを有する光学装置では、各々レンズユニットの光軸を含む面が対物レンズ1の光軸から偏心して位置するように、対物レンズ1に対して観察光学系ユニット2及び結像光学系ユニット9を配置することによって、観察範囲全体を照明することができる。特に、入射角度の大きな低倍率での観察時に、上記構成は有効である。また、対物レンズ1の光軸に近い位置からの照明となるため、励起光の照明が試料7に対して垂直に近い角度で行われることになる。よって、影付きの少ない照明を行えるという効果もある。

【0177】なお、反射部材を複数の面積の小さな部材に分けて対物レンズ1の周辺部に複数配置することによって、試料7を複数の方向から照明してさらに影付きの少ない照明をすることも可能である。また、反射部材30によって導かれる励起光束の領域30'を対物レンズ1の光軸Oに近づければ近づける程、観察光学系によって導かれる光束の領域2L'と2R'は対物レンズ1の周辺部へ移動することになり、観察光学系2Lと2Rの光軸の間隔が広がってしまう。そうすると、今度は観察光学系2Lと2Rに入射する蛍光が対物レンズ1内でケラれることになるので、対物レンズ1の有効径を大きくとるか、異なる瞳位置の対物レンズを使用する等して、照明範囲及び観察範囲がケラれることのないようにすることが望ましい。

【0178】また、図19(b)に示すように、遮光部

10

20

30

40

50

材Xを反射部材30を囲むように配置すれば、対物レンズ1の表面で反射した励起光や励起光によって発生した自家蛍光が、観察光学系によって導かれる光束の領域2L'と2R'に入射することを防ぐことができる。

【0179】前述のように、蛍光照明装置Aに使用する照明光学系は、実施例1に示した表1-1、表1-2のものを本実施例においても使用することができる。この照明光学系と組み合わせて使用する本実施例の対物レンズの近軸量の値を表1-3に示す。また、表1-4は、対物レンズ1、観察光学系ユニット2、結像光学系ユニット9からなる観察側の光学系の近軸量を示す。

【0180】本実施例においても、実施例1と同様に、変倍光学系の変倍に応じて蛍光照明装置A内のレンズを移動機構15'によって移動させて、変倍光学系で変倍が行われて観察範囲が変化しても、それに合わせて照明範囲を変化させることができる。図20はこの様子を示しており、観察光学系ユニット2には、変倍光学系を含む観察光学系2L、2Rのレンズを移動させて変倍を行う変倍ノブ2'が設けられている。この変倍ノブ2'は、斜線ハッチを付した回転軸を有しており矢印方向に回転する。この回転に応じて観察光学系2L、2Rのレンズが光軸方向に移動し変倍が行われる。一方、蛍光照明装置Aにも、レンズを移動させるための移動機構15'が設けられており、変倍ノブ2'と同じように斜線ハッチを付した回転軸を有すると共に、矢印方向に回転する。本実施例では、変倍ノブ2'の回転を移動機構15'の間にベルトYを設け、変倍ノブ2'の回転を移動機構15'に伝達するように構成している。このような構成によって、観察者が観察範囲を変化させるために変倍ノブ2'の回転を回転すると、観察光学系2L、2Rのレンズが光軸方向に移動すると共に、変倍ノブ2'の回転がベルトYによって移動機構15'に伝達され、蛍光照明装置A内のレンズを移動する。よって、変倍光学系で変倍による観察範囲が変化しても、連動して照明範囲を変化させることができる。

【0181】（実施例3）本発明の光学装置の実施例3を図21に示す。図21に示す光学装置は、実施例1の光学装置の対物レンズ、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットを一对のレンズユニットで構成し、この一对のレンズユニットを試料面に垂直な軸に対して傾斜してかつ対称に配置したもので、いわゆるグリノー型の実体顕微鏡である。なお、蛍光照明装置A、架台10、架台受け14、支柱11、準焦ユニット19は実施例1と同様の構成が用いられる。また、照明光学装置Aにおいて、コレクタレンズ群G0の移動、第2のリレーレンズ群G2中のレンズの移動は実施例1と同様に行える。また、実施例1で示したフィルタユニットを一部改造することによって、励起フィルタ8と吸収フィルタ5L、5Rの交換も可能である。実施例3の光学装置はグリノー型の実体顕微鏡であるから、左側のレンズユニット（1

L、2L、5L、3L、4L）と右側のレンズユニット（1R、2R、5R、3R、4R）は、試料7に垂直な軸を挟んで左右に配置されている。このとき、両レンズユニットで決る左右の光軸が試料7上で交差するように、試料7に垂直な軸に対して角度 α で傾けて配置されている。このような構成をとることによって、試料7を立体的に観察することが可能になる。

【0182】実施例3の光学装置においても、観察光学系ユニット及び結像光学系ユニットが一对のレンズユニットで構成されているため、蛍光を選択透過する第2の波長選択素子である吸収フィルタも、5L、5Rというように左右一对設けられている。したがって、試料7から発した蛍光は、対物レンズ1L、1Rを通過した後、左側のレンズユニットと右側のレンズユニットをそれぞれ通り、観察者の左右の眼に到達する。

【0183】本実施例においても、試料7を照明する照明光は観察光学系ユニット2を全く通過しないが、実施例1及び実施例2と異なり、試料7を照明する照明光は対物レンズ1L、1Rも全く通過しない。よって、観察光学ユニット2内の観察光学系2L、2Rによる自家蛍光は全く発生しないため、コントラストの高い蛍光像を得ることができる他、さらに、照明光は対物レンズ1L、1Rを通過しないため対物レンズ1L、1Rで自家蛍光が発生することがない。

【0184】また、対物レンズ1L、1Rや観察光学系のレンズを構成する際に、自家蛍光の発生を気にせずに自由に硝材の選択ができるので、観察装置の光学系を非常に良好に補正された光学系にすることができる。同様に、蛍光照明装置Aにおいて自家蛍光が発生しても照明光に比べると光強度が非常に弱いので、照明上何ら問題にならない。よって、照明光学系においても自家蛍光の発生を気にせずに自由に硝材の選択ができるので、照明光学系を非常に良好に補正された光学系にすることができる。

【0185】なお、本実施例と実施例1及び2は観察装置の光学系が多少異なるだけであるから、実施例1及び2で示した様々な機構は全て本実施例においても適用することができる。

【0186】（実施例4）本発明の光学装置の実施例4を図22に示す。図22に示す光学装置は、観察装置が実施例2と同様にガリレオ型になっている。また、蛍光照明装置Aの構成も、コレクタレンズ群G0、第1のリレーレンズ群G1は実施例2と同様である。また、第2のリレーレンズ群G2については、実施例2と異なり、反射部材を備えていないために、正の屈折力のレンズが直列に配置されている点で異なっている。したがって、第2のリレーレンズ群G2を射出した照明光は、実施例2では対物レンズ1の光軸に垂直に（あるいは、非平行に）入射するが、本実施例では、対物レンズ1の光軸に略平行に射出される。

【0187】本実施例では、第2のリレーレンズ群G2から射出した照明光を試料7に導くために、対物レンズ1の外周部に先端照明部Bを対物レンズ1に近接して配置している。先端照明部Bは、プリズムP2、P3、レンズB1、B2で構成されている。プリズムP2、P3はそれぞれ三角プリズムであって、プリズムP2は、第2のリレーレンズ群G2から射出した照明光を対物レンズ1に向かって偏向するように配置されている。プリズムP3は、プリズムP2で偏向された照明光を試料7側に向けて偏向するように配置されている。なお、31は先端照明部Bの瞳位置で、ここではプリズムP2とP3の間に形成されている。レンズB1、B2は、それぞれ円形レンズの一部を切り取った半円形状のレンズである。これは、プリズムP3から射出される照明光の光軸に対して円形レンズを偏心させて配置し、円形レンズの周辺部を照明光の光軸が通過するという構成になっているのと同じである。光軸を挟んで照明光が通過する部分と反対側の部分は照明には全く使用されないの、その部分を切り取ったのが図22に示すようなレンズB1、B2の形状である。

【0188】表2-1に、蛍光照明装置Aの光学系のレンズデータ、表2-2に先端照明部Bのレンズデータを示す。対物レンズ1は、実施例2で述べた対物レンズと同じであるので、省略する。表2-1は、図22の先端照明部Bの瞳位置31から光源13までの間のレンズデータである。

【0189】表2-1において、第1面から第3面が図22のプリズムP2に対応する。第4面から第12面が第2リレーレンズ群G2に対応する。第6面から第10面までがレンズ群L22に相当し、両凸レンズと接合レンズで構成されている。第13面は開口絞りASであ。第14面から第22面が第1リレーレンズ群G1に対応し、第17面がプリズムP1の反射面である。第23面から第34面がコレクタレンズ群G0に対応し、その中、第23面から第26面が赤外カットフィルタに対応する。なお、励起フィルタ23はこのデータでは省略されている。

【0190】図23に、表2-1のレンズデータの光学系の最低倍、中間倍、最高倍における光路図を示してある。また、図24に、表2-2の先端照明部Bのレイアウトとその光学系の最低倍、中間倍、最高倍における光路図を示してある。図24では、便宜上、レンズB1、*

$$0.7 \leq F_{ob}/F \leq 1.2$$

あるいは、先端照明部Bにより照明される面積をS、対物レンズ1で観察する範囲の面積をS_{ob}とすると、以※

$$0.5 \leq S_{ob}/S \leq 1.4$$

上記条件を満足することによって、対物レンズ1の交換によって観察範囲や作動距離が変化しても、照明光の照明範囲や照明強度が最適に調整された状態でケラー照明が行える。上記条件(3)、(4)の上限の1.2あ

* B2を円形レンズで示してある。試料面(第10面)側のレンズ(第9面)が図22のレンズB1で、プリズム側(第3面、第4面)のレンズ(第6面)がレンズB2である。

【0191】このような構成において、光源13より発した光は、コレクタレンズ群G0によって集光され、第1リレーレンズ群G1の系中の励起フィルタ23によって試料7を照明する波長が選択透過されて、光源13の1次像をつくり、第2リレーレンズ群G2によって光源13の1次像を先端照明部Bの瞳位置31に2次光源像を投影する。

【0192】先端照明部Bは、瞳位置31近傍に投影された光源13の2次像を先端照明部Bのレンズ群及び偏向部材によって照明中心位置と観察中心位置が一致して照明が可能となるように構成及び配置されている。また、蛍光照明装置A内の第2リレーレンズ群G2内のレンズ群L22が観察光学系の変倍操作に連動して移動し、先端照明部Bの瞳位置31に、観察範囲と照明範囲が略一致するのに必要な入射角度と最適な投影倍率で2次光源像を投影させることにより、常に観察範囲と照明範囲が一致するように構成されているのは、実施例2と同じである。

【0193】したがって、本実施例でも、励起光が対物レンズ1、観察光学系を通過せずに試料7を照明するために、観察光学系内で発生する自家蛍光や励起光の漏光や反射光がないので、非常にコントラストの高い蛍光観察が可能となる。

【0194】なお、表2-1から分かるように、蛍光照明光学系の射出瞳位置Dの値から、条件(2)を満足しており、本実施例においても、光源13とコレクタレンズ群G0の間隔を変化させることでクリティカル照明が可能であることが分かる。

【0195】ところで、先端照明部Bは使用する対物レンズ1に応じて交換可能に構成することもできる。これは、対物レンズ1を別の対物レンズに交換すると観察範囲や作動距離が異なるため、先端照明部Bを交換可能に構成しておけば、別の対物レンズが使用されても、その対物レンズに合わせて照明範囲と照明強度とすることが出来る。この場合、先端照明部Bは先端照明部Bの光学系の焦点距離をF、対物レンズの焦点距離をF_{ob}とすると、以下の条件(3)を満足することが望ましい。

$$\text{【0196】} \quad \dots (3)$$

※下条件(4)を満足するのが望ましい。

$$\text{【0197】} \quad \dots (4)$$

あるいは1.4を越える場合には、先端照明部Bの焦点距離が小さくなって、先端照明部Bと試料7までの間隔が短くなる。そのため、対物レンズ1や試料7の交換を容易に行えなくなり、操作性が悪化する。また、下限の

0.7あるいは0.5を越えると、先端照明部Bの焦点距離が大きくなり、先端照明部Bから試料7へ照射される照明光の開口数が小さくなる。そのため、蛍光像の明るさが暗くなってしまう。

【0198】本実施例では、先端照明部の焦点距離 $F = 9.5\text{ mm}$ 、対物レンズ1の焦点距離 $F_{ob} = 7.5\text{ mm}$ であるから、条件(3)を満足する。また、最低倍、中間、最高倍での照明範囲(直径)は、それぞれ26.19 mm、8.0 mm、2.0 mmであるのに対し、観察範囲(直径)は表1-4から視野数/全系の倍率で求め、

最低倍で26.19 mm、中間で7.97 mm、最高倍で2.03 mmであるので、条件(4)を満足する。
【0199】なお、対物レンズ1を交換して作動距離が変化すると、それに合わせて準焦ノブ19aを回転させて試料7と対物レンズ1との間隔を変化させなければならない。このとき、蛍光照明装置Aも準焦部19に取り付けられているため、対物レンズ1(観察装置C)と一緒に移動する。その結果、先端照明部Bの射出側の照明光学系の光軸が、試料7上で対物レンズ1の光軸と一致しなくなってしまう。そこで、先端照明部Bのレンズを

移動させたり、プリズムやミラーを回転させたりするための駆動機構を設けておけば、先端照明部Bの射出側の照明光学系の光軸の傾きを変えることができるので、観察範囲と照明範囲の中心位置と範囲を一致させることができる。
【0200】上記のような構成以外としては、蛍光照明装置Aを準焦部19には取り付けないで支柱11に直接取り付けおき、準焦部19には観察装置Cのみを取り付けるように構成しておけば、準焦ノブ19aを回転させて対物レンズ1を移動させても蛍光照明装置Aは移動

しないので、先端照明部Bの射出側の照明光学系の光軸と対物レンズ1の光軸を試料7上で一致させておくことができる。
【0201】本実施例では、先端照明部B内のレンズB1、B2として半円状のレンズであって、レンズB1の断面形状は両凸レンズを半分にした形状、レンズB2の形状は試料側に凹面を向けた正の屈折力のメニスカスレンズを半分にした形状になっている。ただし、これに限られることはなく、通常のレンズ(円形レンズ)を使用して先端照明部Bを構成することも当然可能で、その構成を図25に示す。

【0202】図25(a)は、レンズB1の一部のレンズを照明光学系の光軸に対して傾けて配置することによって、試料7上で照明光学系の光軸を対物レンズ1の光軸に一致させた例である。先端照明部Bは、2つのプリズムP2及びP3、4つの正の屈折力のレンズで構成されたレンズB1、負の屈折力の単レンズのレンズB2で構成されている。プリズムP2及びP3は直角三角プリズムである。対物レンズ1の光軸と略平行な照明光学系の光軸はプリズムP2で対物レンズ1の方向に偏向され

た後、プリズムP3によって再び対物レンズ1の光軸と略平行となる。レンズB2とレンズB1のプリズム側の2つのレンズは、中心軸が照明光学系の光軸と一致するようにそれぞれが配置されている。なお、先端照明部Bの瞳位置は、プリズムP3とレンズB2の間である。

【0203】レンズB1の3番目のレンズは照明光学系の光軸に対して傾けて配置されている(レンズの中心は照明光学系の光軸上にあるが、中心軸が照明光学系の光軸に対して傾いて配置されている)。そのため、照明光学系の光軸はこの3番目のレンズによって、対物レンズ1側に曲げられてしまう。この3番目のレンズの傾きを適当に選択することで、試料7上で照明光学系の光軸を対物レンズ1の光軸と一致させることができる。なお、図25(a)では、一つのレンズを照明光学系の光軸に対して傾けて配置したが、複数のレンズを傾けて配置することもできる。

【0204】図25(b)は、反射ミラーを傾けて配置することによって、試料7上で照明光学系の光軸を対物レンズ1の光軸に一致させた例である。先端照明部Bは、プリズムP2、反射ミラーM1、2つの正の屈折力のレンズで構成されたレンズB1、負の屈折力の単レンズのレンズB2で構成されている。この例では、対物レンズ1の光軸と略平行な照明光学系の光軸はプリズムP2で対物レンズ1の方向に偏向された後、反射ミラーM1に入射するが、照明光学系の光軸が試料7上で対物レンズ1の光軸と一致するように配置されている。よって、レンズB1とレンズB2は、何れも中心軸が照明光学系の光軸と一致するように配置されている。なお、先端照明部Bの瞳位置は、反射ミラーM1とレンズB2の間である。

【0205】図25(c)は、対物レンズ1の最も試料7に近いレンズの径を大きくし、対物レンズ1の周辺部を照明光学系の光軸を通すことによって、試料7上で照明光学系の光軸を対物レンズ1の光軸に一致させた例である。先端照明部Bは、プリズムP2、プリズムP3、対物レンズ1を構成するレンズでもあるレンズB1、正の屈折力の単レンズB2で構成されている。なお、先端照明部Bの瞳位置は、プリズムP2とプリズムP3の間である。

【0206】照明光学系の光軸を試料7上で対物レンズ1の光軸と一致させる構成として、図22で示されている先端照明部Bがあるが、これは図24に示すように、照明光をレンズの周辺部を通過させることによって照明光学系の光軸を曲げるものである。図22において、先端照明部Bが対物レンズ1に近接して配置されていることと、レンズの周辺部を通過させることを利用して照明光学系の光軸を曲げることから、図25(c)に示すように、先端照明部BのレンズB1を対物レンズ1と一体化しても同様の作用効果が得られる。このように、対物レンズ1の最も試料面に近いレンズの径を大きくして、

レンズ周辺部を先端照明部Bとして使用することで、試料7上で照明光学系の光軸を対物レンズ1の光軸に一致させることができる。

【0207】（実施例5）先端照明部Bの別の構成を図26に示す。先端照明部Bは、4つのプリズムP2、P3、P7、P8と、2つの正の屈折力のレンズで構成されたレンズB1、負の屈折力の単レンズのレンズB2で構成されている。プリズムP2、P3は直角三角プリズムで、プリズムP7、P8はくさびプリズムである。対物レンズ1の光軸と略平行な照明光学系の光軸はプリズムP2で対物レンズ1の方向に偏向された後、プリズムP3によって再び対物レンズ1の光軸と略平行となる。レンズB1とレンズB2は、中心軸が照明光学系の光軸と一致するようにそれぞれが配置されている。なお、先端照明部Bの瞳位置は、プリズムP3とレンズB2の間である。

【0208】プリズムP7はレンズB1の試料7側に配置されており、プリズムP7によって照明光学系の光軸が対物レンズ1側に曲げられる。そして、プリズムP7に続いて配置されたプリズムP8によってさらに対物レンズ1側に曲げられる。よって、くさびプリズムP7、P8の頂角、配置位置や、互いの間隔を適宜選択することによって試料7上で照明光学系の光軸を対物レンズ1の光軸に一致させることができる。このように、本実施例では、くさびプリズムP7、P8の屈折作用のみで照明光学系の光軸を曲げている。なお、この実施例ではくさびプリズムの数は2つであるが、これに限られず1つあるいは3つ以上で構成することも可能である。

【0209】表3は本実施例の先端照明部Bのレンズデータで、第2面から第4面が直角三角プリズムP3、第6面から第7面がレンズB2、第8面から第11面がレンズB1である。第14面から第15面がくさびプリズムP7、第16面から第17面がくさびプリズムP8である。図27は、表3のレンズデータに基づく先端照明部Bのレイアウトと、最低倍、中間倍、最高倍における光路図である。先端照明部の焦点距離 $F = 9.5\text{ mm}$ 、対物レンズ1の焦点距離 $F_{ob} = 7.5\text{ mm}$ であるから、条件

(3)を満足する。また、観察範囲は実施例4と同様なので、条件(4)も満足する。

【0210】（実施例6）先端照明部Bのさらに別の構成を図28に示す。先端照明部Bは、3つのプリズムP2、P3、P6と、2つの正の屈折力のレンズで構成されたレンズB1、負の屈折力の単レンズのレンズB2で構成されている。プリズムP2、P3は直角三角プリズムで、プリズムP6はくさび形状の偏向プリズムである。対物レンズ1の光軸と略平行な照明光学系の光軸は、プリズムP2で対物レンズ1の方向に偏向された後、プリズムP3によって再び対物レンズ1の光軸と略平行となる。レンズB1とレンズB2は、中心軸が照明光学系の光軸と一致するようにそれぞれが配置されてい

る。なお、レンズB2はプリズムP2とプリズムP3の間に配置されており、プリズムP2とレンズB2の間に先端照明部Bの瞳位置31がある。

【0211】偏向プリズムP6はレンズB1の試料7側に配置されている。プリズムP3で偏向された照明光学系の光軸は、プリズムP6の第1面aに入射した後、第2面bで対物レンズ1の光軸方から離れる方向に偏向される。偏向された照明光学系の光軸は第3面cで対物レンズ1の光軸方向に偏向され、第2面bを通過して偏向プリズムP6を射出する。ここで、第2面bと第3面cの傾きは、第3面cで偏向されて第2面bを通過して射出する照明光学系の光軸が第2面bを通過する際に屈折することなく射出し、試料7上で対物レンズ1の光軸と一致するように設定されている。

【0212】表4は本実施例の先端照明部Bのレンズデータで、第3面から第4面がレンズB2、第5面から第7面が直角三角プリズムP3、第8面から第10面がレンズB1である。第12面から第14面が偏向プリズムP6である。図29は、表4のレンズデータに基づく先端照明部Bのレイアウトと、最低倍、中間倍、最高倍における光路図である。光路図から分かるように、プリズムP6は全ての面が平面で構成されており、入射した照明光は第1面aに入射して屈折し、第2面bで全反射され、第3面cで反射して、第2面bを通過して射出している。このように、偏向プリズムP6は入射光を屈折作用と反射作用によって射出する光学部材であることが分かる。なお、先端照明部の焦点距離 $F = 9.5\text{ mm}$ 、対物レンズ1の焦点距離 $F_{ob} = 7.5\text{ mm}$ であるから、条件

(3)を満足する。また、観察範囲は実施例4と同様なので、条件(4)も満足する。また、プリズムP6の面を全て平面で構成しなくとも、球面、非球面、回転非対称面、回折面で構成することも可能である。

【0213】（実施例7）先端照明部Bの別の構成を図30に示す。図30(a)は照明先端部B、対物レンズ1及び観察光学系2L、2Rを側面から見たときの構成図、(b)は正面から見たときの構成図、(c)上面から見たときの構成図である。

【0214】先端照明部Bは、4つのプリズムP2、P3、P4、P5と、負の屈折力の単レンズで構成されたレンズB1、正の屈折力の単レンズのレンズB2、正の屈折力の単レンズで構成されたレンズB3で構成されている。プリズムP2、P3、P4、P5はどれも直角三角プリズムである。プリズムP2は、対物レンズ1の光軸と略平行な照明光学系の光軸を対物レンズ1の方向に偏向するように配置されている。プリズムP3は、プリズムP2で偏向された光軸を再び対物レンズ1の光軸と略平行となるように配置されている。プリズムP4は、プリズムP2とP3の間の光軸と直交する方向に照明光学系の光軸を偏向するように配置されている。プリズムP5は、プリズムP4で偏向された照明光学系の光軸が

試料7上で対物レンズの光軸と一致(交差)するように配置されている。

【0215】レンズB1、レンズB2、レンズB3は、中心軸が照明光学系の光軸と一致するようにそれぞれが配置されている。レンズB1はプリズムP2とプリズムP3の間に配置されている。なお、先端照明部Bの瞳位置は、レンズB1とプリズムP3の間となっている。プリズムP3とプリズムP4の間にはレンズB2が配置されている。レンズB3はプリズムP4とプリズムP5の間に配置されている。

【0216】表5は本実施例の先端照明部Bのレンズデータで、第3面から第4面がレンズB1、第5面から第7面が直角三角プリズムP3、第8面から第9面がレンズB2である。第10面から第12面が直角三角プリズムP4、第13面から第14面がレンズB3、第15面から第17面が直角三角プリズムP5である。図31は、表5のレンズデータに基づく先端照明部Bの最低倍、中間倍、最高倍における光路図である。なお、先端照明部の焦点距離 $F=90\text{mm}$ 、対物レンズ1の焦点距離 $F_{ob}=7.5\text{mm}$ であるから、条件(3)を満足する。また、最低倍、中間、最高倍での照明範囲(直径)は、それぞれ31.4mm、9.6mm、2.4mmであるので、条件(4)も満足する。

【0217】本実施例では、実施例4と比べて2つのプリズムP4、P5を余分に有している。よって、光源13から先端照明部B直前までの光学系で決る照明光学系の光軸を、プリズムP4、P5によって様々な方向に偏向できるので、容易に試料7上で対物レンズ1の光軸と一致させることができる他、照明方向を自由に選択できる。また、対物レンズ1と支柱11の間の空間はデッドスペースであるため、この空間にプリズムP4とプリズムP5を配置するようにすれば、蛍光照明装置Aを取り付けても光学装置の大型化を招くことはない。

【0218】なお、図30において、対物レンズ1とプリズムP2、P3、P4、P5のみを取り出して斜め方向から見た構成(斜視図)を図32と図33に示す。この中、図32は対物レンズ1とプリズムP4、P5の構成を示し、図33は対物レンズ1とプリズムP2、P3、P4、P5の構成を示している。

【0219】図32に示すように、101は照明光学系の光軸であって対物レンズ1の光軸と略平行である。面A1は光軸101と対物レンズ1の光軸を含む面である。光偏向部材であるプリズムP4とプリズムP5はこの平面に垂直な面A2内に配置されており、プリズムP4は偏向後の光軸が、光軸101を対物レンズ1に近づけるように配置されている。102は光軸101がプリズムP4で偏向された後の光軸である。プリズムP5は、光軸102を試料7面に対して斜め方向から試料7と交わるように偏向すると共に、プリズムP5で偏向された光軸103が試料7上で対物レンズ1の光軸と角度

θ で交わるように配置されている。なお、A3は光軸102と対物レンズ1の光軸を含む面である。

【0220】図32において、光軸101は対物レンズ1の光軸と略平行になっている。一方、実施例4(図22)における光源12から第2のリレーレンズ群G2までの光学系で決まる光軸も、対物レンズ1の光軸と略平行になっている。したがって、図22の先端照明部Bの代わりに図32に示す構成を用いて、第2のリレーレンズ群G2から射出した照明光を試料7に導くこともできる。すなわち、図32の構成は、照明光を試料7に導くためにプリズムを使った場合の基本的構成であると言える。ただし、光軸101、102、103の間にレンズ系を配置する必要があるのは言うまでもない。このとき、レンズが光軸101、102、103に共軸に配置することによって、光学系の組み立てが容易になる。

【0221】図33は、図32に示す構成に加えて、さらにプリズムP4よりも光源側に2つの光偏向部材であるプリズムP2とP3を配置したものである。プリズムP2とプリズムP3は平面A1に直交する平面A4内に配置されている。105は照明光学系の光軸であって、対物レンズ1の光軸と略平行である。A5は光軸105と対物レンズ1の光軸を含む面である。プリズムP2は、光軸105を対物レンズ1から離れる方向(プリズムP4の配置されている方向)に配置されたプリズムP3に向けて偏向するように配置されている。104は偏向された後の光軸である。プリズムP3は光軸104をプリズムP4に向けて偏向するように配置されている。

【0222】図33に示す構成は、4つのプリズムを用いて照明光を試料7に導くため、光学系の配置に自由度がある。よって、様々な方向からの照明が可能になるので、効率的な照明が行える。また、前述のように、これらのプリズムを、また対物レンズ1と支柱11の間の空間に配置すれば、蛍光照明装置Aを取り付けることによる光学装置の大型化を招くことはない。また、プリズムでの反射は全反射を利用しているので、照明光の損失が少ない。

【0223】なお、図32、図33に示すように、光軸103は試料7に対して角度 θ で交わる。そのため、照明光束(ここでは、照明光学系のレンズは回転対称な形状)は光軸103に垂直な面に対しては円形になるが、試料7面では楕円になる。一方、観察範囲は円形であるから、照明範囲と観察範囲は一致しない。しかしながら、ずれの範囲はわずかであるため大きな問題とはならない。なお、できるだけ一致させるためには、次の実施例8で示すように、ずれを補正する光学系が必要となる。

【0224】(実施例8) 実施例7で述べたように、照明光学系を回転対称な円形形状の光学部材で構成し、試料の斜め方向から照明光を照射した場合、試料上で照明光束は楕円になる。図34はこの様子示した図で、90

10

20

30

40

50

は試料面、91は対物レンズの光軸、92は照明光束、93は照明範囲、94は観察範囲、95は照明光学系の光軸である。図34において、照明光学系の光軸95は対物レンズの光軸91に対して角度 θ で傾いているので、試料面90を照明する照明光束92の照明範囲93は楕円形状になる。一方、対物レンズの光軸91は試料面90に垂直であるため観察範囲94は円形となる。このように、観察範囲94が円形であるにも係わらず、照明範囲が楕円であるということは、光源13から発した照明光の全てが観察範囲94内に集まらないことである。よって、このような状態では効率の良い照明が行われず、明るい蛍光像を観察することが難しくなる。

【0225】なお、図34において、照明光束は円形になっているはずであるが、上面図における照明光束92は円形となっていない。これは、照明光学系の光軸95に垂直な面に投影された照明光束(円形)を上方から見たときの様子を描いているためで、 $\cos \theta$ の値が掛かっているためである。

【0226】上記の観察範囲と照明範囲が一致しない問題を解決するために、本実施例では、先端照明部Bを、図35に示すように、実施例7の先端照明部Bにおける正の屈折力のレンズB2、B3を、トーリックレンズに置き換えて構成している。図35(a)は、照明先端部B、対物レンズ1及び観察光学系2L、2Rを側面から見たときの構成図、(b)は正面から見たときの構成図、(c)上面から見たときの構成図、(d)はトーリックレンズの外形形状を示す図である。

【0227】トーリックレンズB2及びB3は、図35(d)に示すように、屈折面が回転対称ではなく、2つの直交する軸方向XとYとで異なる曲率半径RDX、RDYを有するレンズである。したがって、このようなトーリックレンズを備える本実施例の先端照明部Bは、直交するX及びY方向に対して異なる2つの焦点距離Fx及びFyを有することになる。

【0228】本実施例では、先端照明部Bから射出する光束は斜めから試料7に照射される。ここで、 θ は先端照明部Bの射出側における照明光学系の光軸と対物レンズ1とのなす角度である。図36、図37に示すように、トーリックレンズB2はプリズムP4から射出する照明光学系の光軸b'c'に対して角度 θ 回転して配置されている。また、トーリックレンズB3はプリズムP4に入射する照明光学系の光軸a'b'に対して角度 θ 回転して配置されている。X2、Y2はトーリックレンズB2の各屈折面における曲率半径を持つ方向、X3、Y3はトーリックレンズB3の各屈折面における曲率半径を持つ方向である。トーリックレンズB2は、X3と照明光学系の光軸b'c'とのなす角度が θ となるよう*

$$F_y < F_x$$

$$0.8 < (F_y / F_x) / \cos \theta < 1.2$$

ここで、 θ は、先端照明部Bの照明光学系の光軸と対物

*に配置されている。また、トーリックレンズB3は、X3と照明光学系の光軸a'b'とのなす角度が θ となるように配置されている。

【0229】図38に、先端照明部Bの斜視図を示す。図38において、RDXは図36及び図37のX2、X3に対応し、RDYは図36及び図37のY2、Y3に対応する。トーリックレンズB2のプリズムP3側の屈折面は、RDY方向に曲率を有するが、RDX方向には曲率を持っていない。反対側の面、すなわち、プリズムP4側の屈折面は、RDX方向に曲率を有するが、RDY方向には曲率を持っていない。また、トーリックレンズB3のプリズムP4側の屈折面は、RDX方向に曲率を有するが、RDY方向には曲率を持っておらず、反対側の面、すなわち、プリズムP5側の屈折面は、RDY方向に曲率を有するが、RDX方向には曲率を持っていない。

【0230】さて、図38における照明方向は、試料7面におけるRDYで示された軸(矢印)方向、すなわち、対物レンズの光軸Oと照明光学系の光軸を含む面と試料面が交わってできる直線方向であって、この方向から照明が行われる。レンズB2及びB3がレンズB1と同じような回転対称なレンズである場合、試料7上における照明範囲は楕円となる。この場合、この対物レンズの光軸Oと照明光学系の光軸を含む面と試料面が交わってできる直線方向が楕円の長軸(長径)方向になり、直交する方向(図38のRDX方向)が短軸(短径)方向になる。

【0231】そこで、レンズB2及びB3をトーリックレンズにすると、先端照明部Bの焦点距離をRDX方向とRDY方向で異ならせることができる。よって、RDX方向とRDY方向の投影倍率を異ならせることにより、図39の上面図に示すように、照明光束92の矢印方向(RDY方向に相当する)の径を図34の場合に比べて小さくすることができる。その結果、試料7上に投影されても照明範囲93は楕円とならず円形となる。このとき、照明光学系の光軸95に垂直な面に投影された照明光束は、図39の場合は楕円で、図34の場合は円である。

【0232】このように、本実施例では、先端照明部Bに直交する2つの方向の焦点距離が異なるトーリックレンズを用いることによって、斜めから照明を行った場合に試料上における照明範囲を観察範囲と同じ形状にすることができる。よって、効率の良い照明が行え、明るい蛍光像を観察することができる。

【0233】ところで、先端照明部Bは以下の条件(5)、(6)を満足することが望ましい。

【0234】

$$\dots (5)$$

$$\dots (6)$$

レンズ1の光軸とのなす角度である。また、Fxは、先

端照明部Bの焦点距離であって、回転対称光学系で構成された照明光学系で照明したときに試料上に形成される楕円形状の照明範囲の短軸方向における焦点距離である。また、 F_y は、先端照明部Bの焦点距離であって、*

$$|My| < |Mx|$$

$$0.8 < (|My| / |Mx|) / \cos \theta < 1.2$$

ここで、 θ は、先端照明部Bの照明光学系の光軸と対物レンズの光軸とのなす角度である。また、 M_x は、先端照明部Bの光学系における投影倍率であって、回転対称光学系において角度 θ で照明したときに試料上に形成される楕円状の照明範囲の短軸方向の投影倍率で、試料をI、先端照明部Bによる試料像を I_x' とすると、 $M_x = I / I_x'$ で求まる倍率である。また、 M_y は、短軸方向と直交する長軸方向の投影倍率であって、試料をI、先端照明部Bによる試料像を I_y' とすると、 $M_y = I / I_y'$ で求まる倍率である。

【0237】上記の条件(5)、(6)あるいは(7)、(8)を満足する場合、先端照明部Bから射出された照明光の光束は、照明光学系の光軸に垂直な断面形状が楕円となるため、試料7上に照射されたときに略円形となる。特に、 $(F_y / F_x) / \cos \theta = 1$ 、あるいは、 $(|My| / |Mx|) / \cos \theta = 1$ のときに円形となる。このため、観察範囲と照明光の照明範囲を略一致させることができる。

【0238】このように、先端照明部Bを上記条件を満足するように構成することによって、先端照明部Bの射出側の光軸が対物レンズ1の光軸に対して傾いていても、十分に効率の良い照明が可能となる。なお、上記条件(6)、(8)の上限及び下限を越える場合は、観察範囲に対して照明光の照明範囲が一致しなくなるので、照明光率が悪くなる。その結果、蛍光像を明るく観察することが困難になる。

【0239】なお、上記条件式では、試料上の照明範囲(RDX、RDY)を基準にして短軸方向と長軸方向を定めている。ただし、照明光束を基準にすると、トーリックレンズを用いた光学系では、照明光がRDX方向に比べてRDY方向が短い楕円になっているので、RDXが長軸方向、RDYが短軸方向になる。

【0240】表6は、本実施例の先端照明部Bのレンズデータで、RDX方向とRDY方向とに分けて表示している。第3面から第4面が負の屈折力のレンズB1で、試料側に凹面を向けた負レンズである。第5面から第7面が直角三角プリズムP3である。第8面から第9面がトーリックレンズB2で、材質はシリコンである。第8面は、RDY方向に曲率を有するがRDX方向には曲率を持っておらず、第9面は、RDX方向に曲率を有する非球面で、RDY方向には曲率を持っていない。第10面から第12面が直角三角プリズムP4である。第13面から第14面がトーリックレンズB2で、材質はシリコンである。第13面はRDX方向に曲率を有するが、

* 短軸方向と直交する長軸方向における焦点距離である。

【0235】あるいは、先端照明部Bは以下の条件(7)、(8)を満足することが望ましい。

【0236】

$$\dots (7)$$

$$\dots (8)$$

RDY方向には曲率を持っておらず、第14面はRDY方向に曲率を有する非球面で、RDX方向には曲率を持っていない。第15面から第17面が直角三角プリズムP4である。

【0241】図40は、表6のレンズデータに基づく最低倍、中間倍、最高倍における光路図であって、RDX方向とRDY方向の光路図である。先端照明部の焦点距離 $F_x = 90\text{mm}$ 、 $F_y = 68.9\text{mm}$ 、対物レンズ1の焦点距離 $F_{ob} = 75\text{mm}$ であるから、条件(3)及び条件(6)を満足する。また、条件(4)も満足する。

【0242】トーリックレンズの材質はシリコンであるが、これはモールドレンズとして製作することで製造コストを低く抑えられるので好ましいが、ガラス材料でトーリックレンズを製作することも可能である。このとき、シリコン、ガラス材料の何れにおいても、紫外線の透過率が高いものを選択するのが、蛍光照明を行う上で好ましい。

【0243】本実施例では2つのトーリックレンズB2、B3は両面共トーリック面になっているので、4つのトーリック面を使用していることになる。しかしながら、先端照明部Bの焦点距離を直交する方向で異ならせるには、少なくとも1つトーリック面を備えていればよい。ただし、先端照明部Bの瞳位置31を直交する方向で一致させるためには、少なくとも2つのトーリック面が必要になる。このとき、一つのトーリック面は直交する方向のそれぞれに曲率を有していることが望ましい。

【0244】また、トーリック面の代わりに、光軸に対して非対称な面でレンズを構成することもできる。上述のトーリック面の中、少なくとも一つの面を照明光学系の光軸に対して非対称な面にする。図41(a)は非対称な面を用いていない場合の照明光の様子を示しており、図41(b)は非対称な面を用いている場合の照明光の様子を示している。

【0245】先端照明部Bの光学系中に非対称な面を用いていない場合、均一に照明される面96は試料面90に傾いて一致していない。そのため、試料面90に達する照明光の中、光軸95上に集光する光束は試料面90と一致するが、その他の光束は試料面90上では広がってしまう。そのため、観察範囲の中心に比べて周辺部が暗くなってしまう。これに対して、先端照明部Bの光学系中に非対称な面を用いると、全ての照明光を試料面90上に集光できるので、均一に照明される面96と試料面90を一致させることができる。よって、観察範囲の中心も周辺部も同じ明るさで照明することができる。

【0246】また、図42に示すように、先端照明部Bを実施例1の光学装置に組み合わせることが可能である。この場合、対物レンズ1を通過させて行う照明と、先端照明部Bによる照明の2つの照明が行える。図42に示す構成において、光学部材M3として全反射ミラー、ハーフミラー、ダイクロイックミラーが使用できる。光学部材M3として全反射ミラーを使用する場合は、対物レンズ1を通過させて行う照明光路と先端照明部Bの光路の何れか一方しか使えない。そのため、矢印に示す方向に光学部材M3を移動させて光路の切り換えが行えるようにすればよい。

【0247】光学部材M3としてハーフミラーを使用する場合は、対物レンズ1を通過させて行う照明光路と先端照明部Bの光路の両方を同時に使用することができる。この場合、対物レンズ1を通過させて行う照明光路によって試料7に対して垂直に近い方向から照明が行わ*

*れ、先端照明部Bによって試料7に対して斜め方向から照明が行われるので、2方向からの照明となる。よって、試料7に対して影のつきにくい照明が行える。また、対物レンズ1を通過する照明光の光量が減少するので、自家蛍光の発生を少なくすることができる。

【0248】光学部材M3としてダイクロイックミラーを使用する場合は、異なる波長の照明光（励起光）で試料7を照明することができる。したがって、多重染色された試料7を複数の波長の蛍光像を同時に観察することができる。このとき、自家蛍光が発生しやすい短波長の照明光を先端照明部Bに入射させ、長波長の照明光を対物レンズ1側の照明光路に入射させれば、対物レンズ1での自家蛍光の発生を少なくさせることができる。

【0249】以下に、表1-1から表6を掲載する。

【0250】

表1-1：対物レンズと蛍光照明光学系のレンズデータ

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
試料面	INF	58.1909		
1	-356.6844	10.0	1.49267	70.23
2	-73.9885	2.0	1	
3	401.3396	7.0	1.68884	32.1
4	84.827	16.0	1.50157	81.61
5	-131.2216	3.0	1	
6	53.5032	24.709	1.50158	81.54
7	-53.5032	6.7	1.52236	64.14
8	46.6622	6.0	1	
9	151.0921	9.0	1.49268	70.21
10	-151.0921	1.5	1	
11	INF	10.0	1.52236	64.14
(偏心位置 (15mm偏心))				
12	INF	10.0	1.52236	64.14
13	INF	d 1 (可変)	1	
14	INF	d 2 (可変)	1	
(対物レンズの入射瞳位置)				
15	INF	41.4	1	
16	86.644	4.0	1.49267	70.23
17	INF	24.7	1	
18	INF	d 3 (可変)	1	
19	INF	5.0	1.49267	70.23
20	-53.984	2.0	1	
21	53.984	5.0	1.49267	70.23
22	INF	d 4 (可変)	1	
23	INF	6.0	1.52955	59.89
24	INF	8.0	1	
25	INF	3.5	1.49267	70.23
26	-17.93	28.0	1	
27	37.291	3.5	1.49267	70.23
28	-51.881	68.688	1	
29	-28.981	6.0	1.52236	64.14

49

50

30	-20.981	8.7	1	
31	INF	4.0	1.52967	69
32	INF	0.6	1	
33	INF	4.0	1.52967	69
34	INF	8.0	1	
35	-30.1125	3.0	1.61799	39.29
36	57.8565	3.5	1	
37	112.8286	15.9968	1.52802	64.14
38	-29.8272	0.3	1	
39	33.6183	9.6778	1.49752	70.23
40	76.0179	0.2	1	
41 (非球面)	17.5066	12.9515	1.80953	50
42	47.0729	14.2	1	
43	INF	0	1	

光源位置

非球面係数

第41面

 $K = -0.3326$ $A_4 = -4.08080 \times 10^{-6}$ $A_6 = 2.54210 \times 10^{-8}$ $A_8 = -5.41490 \times 10^{-11}$

ズームデータ

	最低倍	中間倍	最高倍
	0.7x	2.3x	9x
d1	38.38336	100.52992	142.40434
d2	-38.38336	-100.52992	-142.40434
d3	43.12143	124.52958	154.62861
d4	120.32981	38.92167	8.82263

偏心データ

第11面偏心量 15mm

【0251】

表1-2: 蛍光照明光学系の近軸量

		最低倍	中間倍	最高倍
開口数	N A	0.176	0.053	0.014
光源からの投影倍率	β	4.4	14.9	27.0
射出瞳位置	D	1.2	2.7	3.0
焦点距離	F L	5.14	40.76	77.81

【0252】

表1-3: 対物レンズの近軸量

		最低倍	中間倍	最高倍
開口数	N A	0.0276	0.0744	0.139
焦点距離	F ob	75	75	75

【0253】

表1-4: 観察側の近軸量

		最低倍	中間倍	最高倍
対物レンズ開口数	N A	0.0276	0.0744	0.139
全系の倍率	倍率	0.84	2.76	10.8
視野数	F N	22	22	22

【0254】

表2-1

面番号 物点位置	曲率半径 INF	間隔 14.5	屈折率(480nm)	アッペ数
(先端照明部瞳位置)				
1	INF	11.0	1.52236	64.14
2 (反射面)	INF	11.0	1.52236	64.14
3	INF	0.7	1	
4	26.279	5.0	1.49267	70.23
5	50.943	d 1 (可変)	1	
6	59.166	3.5	1.49267	70.23
7	-86.083	0.5	1	
8	74.151	6.3	1.49267	70.23
9	-19.074	3.0	1.60711	39.21
10	-91.845	d 2 (可変)	1	
11	-13.205	4.0	1.52236	64.14
12	-10.234	23.3	1	
13	INF	18.412	1	
14	-31.135	3.5	1.52236	64.14
15	-15.113	32.015	1	
16	INF	10.0	1.52236	64.14
17	INF	10.0	1.52236	64.14
18	INF	15.0	1	
19	57.900	3.0	1.60711	39.21
20	34.040	46.359	1	
21	-24.498	6.0	1.52236	64.14
22	-20.741	17.715	1	
23	INF	4.0	1.52967	69
24	INF	0.6	1	
25	INF	4.0	1.52967	69
26	INF	8.0	1	
27	-30.1125	3.0	1.61799	39.29
28	57.8565	3.5	1	
29	112.8286	15.9968	1.52802	64.14
30	-29.8272	0.3	1	
31	33.6183	9.6778	1.49752	70.23
32	76.0179	0.2	1	
33 (非球面)	17.5066	12.9515	1.80953	50
34	47.0729	14.2	1	
光源位置	INF			

非球面係数

第33面

$$K = -0.3326$$

$$A_4 = -4.08080 \times 10^{-6}$$

$$A_5 = 2.54210 \times 10^{-8}$$

$$A_6 = -5.41490 \times 10^{-11}$$

ズームデータ

	最低倍	中間倍	最高倍
d 1	34.590	78.559	114.231
d 2	84.183	40.214	4.542

投影倍率(光源から) β		4.8	11.5	25.1
開口数	N A	0.175	0.054	0.013
焦点距離	F L	5.73	29.94	39.50
射出瞳位置	D	1.2	2.6	1.7

【0255】

表2-2

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
0	INF	INF		
1	INF	0	1	
2 (反射面)	INF	11.0	1.52236	64.14
3	INF	11.0	1.52236	64.14
4	INF	1.0	1	
(入射瞳位置)				
5	INF	5.5	1	
6	143.595	24.19	1.52236	64.14
7	-502.795	1.1	1	
8	62.528	25.19	1.59637	61.14
9	142.471	65.0	1	
10 (試料面)	INF			
		最低倍	中間倍	最高倍
試料側開口数	N A	0.021	0.057	0.106
焦点距離	F	95.0	95.0	95.0
照明範囲	Φ H	26.19	8.0	2.0

【0256】

表3

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
0	INF	INF		
1	INF	0	1	
2	INF	11.0	1.52236	64.14
3 (反射面)	INF	11.0	1.52236	64.14
4	INF	1.0	1	
5	INF	5.0	1	
(入射瞳位置)				
6	-267.205	6.5	1.60711	39.21
7	30.132	9.6	1	
8	-185.589	3.5	1.52236	64.14
9	-37.565	6.2	1	
10	-530.378	5.5	1.52236	64.14
11	-31.387	0.0	1	
12	INF	0.0	1	
13	INF	8.0	1	
14	INF	10.0	1.52236	64.14
(くさびプリズム)				
15	INF	10.0	1	
16	INF	15.0	1.52236	64.14
(くさびプリズム)				
17	INF	50.0	1	
試料面	INF			
		最低倍	中間倍	最高倍

(29)

特開2001-166214

55

56

試料側開口数	N A	0.027	0.072	0.133
焦点距離	F	75.0	75.0	75.0
照明範囲	Φ H	26.19	8.0	2.0

【0257】

表4

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
0	INF	INF		
1	INF	-10	1	
2	INF	-0.3	1	
(入射瞳位置)				
3	-45.934	-3.03	1.60711	39.21
4	-22.890	-9.9669	1	
5	INF	-15.0	1.52236	64.14
6 (反射面)	INF	15.0	1.52236	64.14
7	INF	10.1469	1	
8	81.341	3.97	1.60711	39.21
9	52.686	8.13	1.49267	70.23
10	-46.635	1.0	1	
11	INF	20.0	1.52236	64.14
(くさびプリズム)				
12	INF	-25.0	1.52236	64.14
13	INF	17.37	1.52236	64.14
14	INF	0	1	
15	INF	0	1	
16	INF	65.18	1	
17	INF	-0.0002	1	
試料面	INF			
		最低倍	中間倍	最高倍
試料側開口数	N A	0.022	0.06	0.111
焦点距離	F	90.0	90.0	90.0
照明範囲	Φ H	26.19	8.0	2.0

【0258】

表5

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
0	INF	INF		
1	INF	10.0	1	
2	INF	-10.0	1	
(入射瞳位置)				
3	55.145	2.5	1.60711	39.21
4	27.637	11.0	1	
5 (P3)	INF	15.0	1.52236	64.14
6	INF	15.0	1.52236	64.14
7	INF	5.0	1	
8	INF	8.5	1.49267	70.23
9	-41.831	8.0	1	
10 (P4)	INF	16.0	1.52236	64.14
11	INF	16.0	1.52236	64.14
12	INF	6.5	1	
13	119.500	8.5	1.49267	70.23
14	INF	3.5	1	

(30)

特開2001-166214

57

58

15 (P 5)	INF	16.0	1.52236
16	INF	16.0	1.52236
17	INF	78.0	1
試料面	INF		
		最低倍	中間倍
試料側開口数	N A	0.022	0.06
焦点距離	F	90.0	90.0
照明範囲	Φ H	31.4	9.6

64.14
64.14

【0259】

表6

(R D Y方向)

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
試料面	INF	INF		
0	INF	INF		
1	INF	10.0	1	
2	INF	-10.0	1	
	(入射瞳位置)			
3	55.175	2.5	1.60711	39.21
4	27.629	11.0	1	
5 (P 3)	INF	15.0	1.52236	64.14
6	INF	15.0	1.52236	64.14
7	INF	5.0	1	
8	71.316	8.5	1.41623	50.49
	(トーリック面)			
9	INF	8.0	1	
	(トーリック面(平面))			
10 (P 4)	INF	16.0	1.52236	64.14
11	INF	16.0	1.52236	64.14
12	INF	6.5	1	
13	INF	8.5	1.41623	50.49
	(トーリック面(平面))			
14	-64.667	3.5	1	
	(トーリック面(非球面))			
15 (P 5)	INF	16.0	1.52236	64.14
16	INF	16.0	1.52236	64.14
17	INF	78.0	1	
試料面	INF			

非球面係数

第14面

K = 0

 $A_2 = -6.12570 \times 10^{-3}$ $A_4 = 1.34900 \times 10^{-6}$ $A_6 = -6.61130 \times 10^{-9}$ $A_8 = 3.54630 \times 10^{-11}$ $A_{10} = -5.82480 \times 10^{-14}$

(R D X方向)

面番号	曲率半径	間隔	屈折率(480nm)	アッベ数
試料面	INF	INF		

59

60

0	INF	INF		
1	INF	10.0	1	
2	INF	-10.0	1	
(入射瞳位置)				
3	55.175	2.5	1.60711	39.21
4	27.629	11.0	1	
5 (P 3)	INF	15.0	1.52236	64.14
6	INF	15.0	1.52236	64.14
7	INF	5.0	1	
8	INF	8.5	1.41623	50.49
(トーリック面 (平面))				
9	-36.752	8.0	1	
(トーリック面 (非球面))				
10 (P 4)	INF	16.0	1.52236	64.14
11	INF	16.0	1.52236	64.14
12	INF	6.5	1	
13	101.454	8.5	1.41623	50.49
(トーリック面)				
14	INF	3.5	1	
(トーリック面 (平面))				
15 (P 5)	INF	16.0	1.52236	64.14
16	INF	16.0	1.52236	64.14
17	INF	78.0	1	
試料面	INF			

非球面係数

第9面

 $K = 0$ $A_2 = -5.24710 \times 10^{-4}$ $A_4 = 4.19900 \times 10^{-7}$ $A_6 = -5.77870 \times 10^{-9}$ $A_8 = 3.61320 \times 10^{-11}$ $A_{10} = -7.43900 \times 10^{-14}$ 照明光軸と対物レンズ光軸とのなす角 $\theta = 4.0^\circ$

(R D Y 方向)

		最低倍	中間倍	最高倍
試料側開口数	N A	0.029	0.078	0.145
焦点距離	F y	68.9	68.9	68.9
照明範囲	ΦH	26.2	8.0	2.0

(R D X 方向)

		最低倍	中間倍	最高倍
試料側開口数	N A	0.022	0.06	0.111
焦点距離	F x	90.0	90.0	90.0
照明範囲	ΦH	26.2	8.0	2.0

【0260】なお、非球面の表示において、 A_2 及び A_{10} の値が記載されていないものがあるが、この場合、 A_2 及び A_{10} の値は0である。

【0261】以上の本発明の光学装置は例えば次のように構成することができる。

【0262】〔1〕 対物レンズと、変倍光学系を含む観察光学系ユニットと、結像レンズと接眼レンズを含む結像光学系ユニットを備えた観察装置と、前記観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置を備えた光学装置であって、前記蛍光照明装置は、光源と、前記対物レンズと

前記観察光学系ユニットとの間であって前記対物レンズから偏心した位置に配置され前記光源からの光を前記対物レンズに入射させる反射部材と、前記光源と前記反射部材の間に配置され前記光源からの照明光を前記反射部材に導く照明光学系を備えており、前記照明光の中特定の波長域の光を選択透過する第1の波長選択部材を前記光源と前記反射部材の間に配置し、試料から発する蛍光の波長域の光を選択透過する第2の波長選択部材を前記対物レンズと前記結像光学系ユニットの間に配置していることを特徴とする光学装置。

【0263】〔2〕 前記第2の波長選択部材は、前記蛍光照明装置に一体に構成されていることを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0264】〔3〕 前記第2の波長選択部材が前記第1の波長選択部材と一体に構成されていることを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0265】〔4〕 前記光学装置は、前記試料を載せる架台と、該架台に設置された支柱と、該支柱に保持され前記試料と前記対物レンズの間隔を変化させる準焦部ユニットを有し、前記準焦部ユニットは前記蛍光照明装置を保持し、前記蛍光照明装置は前記観察装置を保持することを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0266】〔5〕 前記観察光学系ユニット及び前記結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、該一对のレンズユニットは前記対物レンズの光軸に平行にかつ対称に配置されていることを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0267】〔6〕 前記対物レンズ、前記観察光学系ユニット及び前記結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、各々のレンズユニットは前記試料面に垂直な軸に対して傾斜してかつ対称に配置されていることを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0268】〔7〕 前記レンズユニットの各々の光軸を含む面が前記対物レンズの光軸から偏心して位置するように、前記観察光学系ユニット及び前記結像光学系ユニットを配置したことを特徴とする上記5記載の光学装置

〔8〕 前記蛍光照明装置内の照明光学系は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の変倍操作によって変化する観察範囲と前記照明光学系の照明範囲が略一致するように、照明光学系内の少なくとも1つのレンズ群が移動する構成を備えていることを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0269】〔9〕 前記照明光学系は、光源からの光を集光するコレクタレンズ群と、光源の1次像を作るための第1リレーレンズ群と、光源の1次像をリレーするための第2リレーレンズ群を備え、前記第1リレーレンズ群の中に、第1の反射部材が配置され、前記光源の1次像近傍に開口絞りが配置され、前記第2リレーレンズ群中に少なくとも1つの移動可能なレンズ群と第2の反

射部材が配置され、前記照明光学系内で前記第1の波長選択部材を交換可能に配置したことを特徴とする上記8記載の光学装置。

【0270】〔10〕 前記コレクタレンズ群と前記光源との間隔を変化させて、前記光源の投影位置と試料を略一致させるクリティカル照明が可能となることを特徴とする上記1又は9記載の光学装置。

【0271】〔11〕 前記コレクタレンズ群と前記光源との間隔変化は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の変倍操作に対して独立しており、前記照明光学系における前記光源に最も近い試料の共役位置と前記光源までの間隔をDとし、以下の条件を満足することを特徴とする上記10記載の光学装置。

【0272】 $|D| \leq 3 \text{ mm}$

〔12〕 前記第1の波長選択部材と、前記第2の波長選択部材が連動して切り換わる機構を備えていることを特徴とする上記2記載の光学装置。

【0273】〔13〕 対物レンズと、変倍光学系を含む観察光学系ユニットと、結像レンズと接眼レンズを含む結像光学系ユニットを備えた観察装置と、前記観察装置に対して脱着可能な蛍光照明装置を備えた光学装置であって、前記蛍光照明装置は、光源と、前記対物レンズに近接して配置された先端照明部と、前記光源と前記先端照明部の間に配置され前記光源からの照明光を前記先端照明部に導く照明光学系と備えており、前記照明光の中特定の波長域の光を選択透過する第1の波長選択部材を前記光源と前記先端照明部の間に配置し、試料から発する蛍光の波長域の光を選択透過する第2の波長選択部材を前記対物レンズと前記結像光学系ユニットの間に配置し、前記先端照明部は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の中心位置と前記蛍光照明装置による照明光の中心位置が前記試料面上で一致するように前記対物レンズの周囲に配置され、前記照明光学系は少なくとも1つの移動レンズ群と移動機構を備え、前記観察光学系の変倍に伴い前記移動レンズが移動して観察範囲と照明範囲が略一致することを特徴とする光学装置。

【0274】〔14〕 前記第2の波長選択部材は、前記蛍光照明装置に一体に構成されていることを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0275】〔15〕 前記第2の波長選択部材が、前記第1の波長選択部材と一体化されていることを特徴とする上記14記載の光学装置。

【0276】〔16〕 前記蛍光照明装置は、前記光源からの光を前記対物レンズを介さずに前記先端照明部を通過して試料を照明することを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0277】〔17〕 前記先端照明部はレンズを備え、前記先端照明部内の少なくとも1つのレンズ光軸が、前記先端照明部の光軸に対して偏心して配置されたことを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0278】〔18〕 前記先端照明部内に、平面のみで構成されると共に入射光を屈折作用のみによって射出する光学部材が配置されていることを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0279】〔19〕 前記先端照明部内に、平面のみで構成されると共に入射光を屈折作用と反射作用によって射出する光学部材が配置されていることを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0280】〔20〕 照明光学系側から順に、対物レンズの光軸と前記先端照明部の照明光軸を含む平面に垂直な平面内に、前記照明光軸を偏向させる第1の偏向部材と、前記第1の偏向部材によって偏向された前記照明光軸を、試料面に対して斜めにかつ前記対物レンズの光軸を含む平面内に偏向するための第2の偏向部材を配置したことを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0281】〔21〕 さらに、前記第1の偏向部材よりも光源側の先端照明部内の光軸と前記対物レンズの光軸を含む平面に、直交する平面内に光軸を偏向するための第3の偏向部材を少なくとも2つ備えたことを特徴とする上記20記載の光学装置。

【0282】〔22〕 前記先端照明部内に、少なくとも2つのトーリック面を持つ光学部材を配置したことを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0283】〔23〕 前記先端照明部内に、少なくとも1つの光軸に対して非対称な面を持つ光学部材を配置したことを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0284】〔24〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記〔22〕の光学装置。

【0285】 $F_y < F_x$
 $0.8 < (F_y / F_x) / \cos \theta < 1.2$
 ここで、 θ は先端照明部の照明光学系の光軸と対物レンズの光軸とのなす角度である。また、 F_x は先端照明部の焦点距離であって、回転対称光学系で構成された照明光学系で照明したときに試料上に形成される楕円形状の照明範囲の短軸方向における焦点距離である。また、 F_y は先端照明部Bの焦点距離であって、短軸方向と直交する長軸方向における焦点距離である

〔25〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記〔22〕の光学装置。

【0286】 $|M_y| < |M_x|$
 $0.8 < (|M_y| / |M_x|) / \cos \theta < 1.2$
 ここで、 θ は先端照明部の照明光学系の光軸と対物レンズの光軸とのなす角度である。また、 M_x は先端照明部の光学系における投影倍率であって、回転対称光学系において角度 θ で照明したときに試料上に形成される楕円状の照明範囲の短軸方向の投影倍率で、試料をI、先端照明部Bによる試料像を $I_{x'}$ とすると、 $M_x = I / I_{x'}$ で求まる倍率である。また、 M_y は短軸方向と直交する長軸方向の投影倍率であって、試料をI、先端照明部による試料像を $I_{y'}$ とすると、 $M_y = I / I_{y'}$

y' で求まる倍率である。

【0287】〔26〕 先端照明部の光学系の焦点距離をF、対物レンズの焦点距離を F_{ob} とすると、以下の条件を満足することを特徴とする上記〔13〕の光学装置。

【0288】 $0.7 \leq F_{ob} / F \leq 1.2$

〔27〕 先端照明部により照明される面積をS、対物レンズで観察する範囲の面積を S_{ob} とすると、以下の条件を満足することを特徴とする上記〔13〕の光学装置。

【0289】 $0.5 \leq S_{ob} / S \leq 1.4$

〔28〕 先端照明部内のレンズ群に、対物レンズの試料に最も近いレンズ群の一部の領域を先端照明部のレンズ群と共有することを特徴とする上記〔13〕の光学装置。

【0290】〔29〕 前記光学装置は、前記試料を載せる架台と、該架台に設置された支柱と、該支柱に保持され前記試料と前記対物レンズの間隔を変化させる準焦部ユニットを有し、前記準焦部ユニットは前記蛍光照明装置を保持し、前記蛍光照明装置は前記観察装置を保持することを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0291】〔30〕 前記観察光学系ユニット及び前記結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、該一对のレンズユニットは前記対物レンズの光軸に平行にかつ対称に配置されていることを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0292】〔31〕 前記対物レンズ、前記観察光学系ユニット及び前記結像光学系ユニットは一对のレンズユニットで構成され、各々のレンズユニットは前記試料面に垂直な軸に対して傾斜してかつ対称に配置されていることを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0293】〔32〕 前記照明光学系は、光源からの光を集光するコレクタレンズ群と、光源の1次像を作るための第1リレーレンズ群と、光源の1次像をリレーするための第2リレーレンズ群を備え、前記光源の1次像近傍に開口絞りが配置され、前記第2リレーレンズ群中に少なくとも1つの移動可能なレンズ群を備えたことを特徴とする上記13記載の光学装置。

【0294】〔33〕 前記コレクタレンズ群と光源との間隔を変化させて、光源の投影位置と試料を略一致させるクリティカル照明が可能となることを特徴とする上記13又は32記載の光学装置。

【0295】〔34〕 前記コレクタレンズ群と、前記光源との間隔変化は、前記観察光学系ユニット内の観察光学系の変倍操作に対して独立しており、前記照明光学系における前記光源に最も近い試料の共役位置と前記光源までの間隔をDとし、以下の条件を満足することを特徴とする上記33記載の光学装置。

【0296】 $|D| \leq 3 \text{ mm}$

【0297】

【発明の効果】以上説明したように、観察光学系から発する励起光による自家蛍光をなくし、また、先端照明部の構成によって対物レンズと観察光学系からの自家蛍光をなくして、蛍光観察をコントラスト良く観察することができ、しかも、蛍光照明光学系と吸収フィルタ、あるいは、蛍光照明光学系と吸収フィルタと先端照明部を一体化したユニットにすることで、従来の顕微鏡システムを改造することなく蛍光観察装置にすることが可能である。

【0298】さらに、蛍光照明装置を観察者に対して後方に配置することで、試料面付近の空間を空けることができ、操作性の向上につながる。

【0299】また、実体顕微鏡だけでなく、約10倍以下の倍率で変倍光学系を含んだ顕微鏡システムに、上記の蛍光照明装置を組み合わせることによって、従来の蛍光顕微鏡の操作性より優れ、かつ、大きな開口数での蛍光観察が可能となり、しかも、自家蛍光による影響が少なくなるので、明るくコントラストの良い蛍光観察が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の光学装置の構成を示す図であって、対物レンズを介して照明を行う蛍光照明装置を取り付けたときの側面図(a)と正面図(b)である。

【図2】本発明の第5の光学装置の構成を示す図であって、ガリレオ型実体顕微鏡に蛍光照明装置を取り付けたときの側面図(a)と正面図(b)である。

【図3】本発明の第6の光学装置の構成を示す図であって、グリノー型実体顕微鏡に蛍光照明装置を取り付けたときの側面図(a)と正面図(b)である。

【図4】本発明の第7の光学装置において、対物レンズに対する観察光学系及び反射部材の配置位置と対物レンズ内を通過する照明光の関係を示す図であって、2つの観察光学系の中心を結ぶ線が対物レンズの光軸から偏心している場合(a)、2つの観察光学系の中心を結ぶ線上に対物レンズの光軸位置している場合(b)である。

【図5】本発明の第9の光学装置における蛍光照明装置の詳細な構成を示す図である。

【図6】本発明の第13の光学装置の構成を示す図であって、対物レンズを介さずに照明を行う先端照明部を取り付けたときの側面図(a)と正面図(b)である。

【図7】本発明の第18、19の光学装置において先端照明部にプリズムを用いた場合を示す図で、くさびプリズムを使用した場合(a)、偏向プリズムを使用した場合(b)である。

【図8】本発明の第20、21の光学装置において先端照明部にプリズムを用いた場合を示す図で、プリズムを2つ使用した光学系を側面から見た図(a)、プリズムを2つ使用した光学系を後方から見た図(b)、プリズムを4つ使用した光学系を側面から見た図(c)、プリズムを4つ使用した光学系を後方から見た図(d)であ

る。

【図9】本発明の第22の光学装置において、先端照明部にトーリックレンズを用いた場合を示す図である。

【図10】本発明の実施例1の構成を示す図であって、対物レンズを介して照明を行う蛍光照明装置を取り付けたときの正面図であって蛍光を観察する光学系のみを示す図(a)、光学装置全体を側面から見たときの図(b)である。

【図11】実施例1の光学装置で蛍光照明装置を使用しない場合の構成を示す図で、側面図(a)、実施例1の光学装置用いられる架台受けの図(b)である。

【図12】実施例1の光学装置で励起フィルタと吸収フィルタを一体化した場合の構成を示す図である。

【図13】励起フィルタと吸収フィルタを交換する場合のフィルタユニットの構成を示す図で、上面図(a)、断面図(b)ある。

【図14】励起フィルタと吸収フィルタを交換する場合の別のフィルタユニットの構成を示す図で、上面図(a)、(b)、断面図(c)ある。

【図15】実施例1で用いられる蛍光照明装置の光学系の詳細な構成を示す図である。

【図16】実施例1で用いられる蛍光照明装置の光学系を示す図で、最低倍、中間倍、最高倍におけるレンズの配置を示す図である。

【図17】対物レンズの光軸と照明光学系の光軸の偏心状態を示す図である。

【図18】本発明の実施例2の構成を示す図であって、ガリレオ型実体顕微鏡における正面図であって蛍光を観察する光学系のみを示す図(a)、光学装置全体を側面から見たときの図(b)である。

【図19】対物レンズに対する観察光学系及び反射部材の配置位置と対物レンズ内を通過する照明光の関係を示す図であって、2つの観察光学系の中心を結ぶ線が対物レンズの光軸から偏心している場合(a)、2つの観察光学系の中心を結ぶ線上に対物レンズの光軸位置している場合(b)である。

【図20】変倍光学系で変倍が行われたときに、連動して照明範囲を変化させる機構を示す図である。

【図21】本発明の実施例3の構成を示す図であって、グリノー型実体顕微鏡における正面図であって蛍光を観察する光学系のみを示す図(a)、光学装置全体を側面から見たときの図(b)である。

【図22】本発明の実施例4の構成を示す図であって、対物レンズを介さずに照明を行う先端照明部を取り付けたときの図であって、正面図であって蛍光を観察する光学系のみを示す図(a)、光学装置全体を側面から見たときの図(b)である。

【図23】実施例4で用いられる蛍光照明装置の光学系を示す図で、最低倍、最低倍、最高倍におけるレンズの配置を示す図である。

【図24】先端照明部を示す図であって、レイアウトを示す図、最低倍、中間倍、最高倍における照明光の様子を示す図である。

【図25】先端照明部の光学系の別の構成であって、レンズを照明光学系の光軸に対して傾けて配置した場合(a)、反射ミラーを傾けて配置した場合(b)、対物レンズの最も試料に近いレンズの径を大きくした場合(c)の図である。

【図26】先端照明部の別の構成を示す第5実施例であって、くさびプリズムを使用した場合の図である。

【図27】実施例5の先端照明部を示す図であって、レイアウトを示す図、最低倍、中間倍、最高倍における照明光の様子を示す図である。

【図28】先端照明部の別の構成を示す第6実施例であって、偏向プリズムを使用した場合の図である。

【図29】実施例6の先端照明部を示す図であって、レイアウトを示す図、最低倍、中間倍、最高倍における照明光の様子を示す図である。

【図30】先端照明部の別の構成を示す第7実施例であって、照明先端部、対物レンズ及び観察光学系を側面から見たときの構成図(a)、正面から見たときの構成図(b)、上面から見たときの構成図(c)である。

【図31】実施例7の先端照明部を示す図であって、最低倍、中間倍、最高倍における照明光の様子を示す図である。

【図32】先端照明部を2つのプリズムで構成したときの図である。

【図33】先端照明部を4つのプリズムで構成したときの図である。

【図34】照明光学系を回転対称な円形状の光学部材で構成し、試料の斜め方向から照明光を照射した場合の試料上における照明光束の様子を示す図である。

【図35】第8実施例の先端照明部を示す図であって、先端照明部にトーリックレンズを用いた場合で、照明先端部、対物レンズ及び観察光学系2を側面から見たときの図(a)、正面から見たときの図(b)、上面から見たときの図(c)、トーリックレンズの外形状を示す図(d)である。

【図36】トーリックレンズとプリズムの位置関係を示す図である。

【図37】別のトーリックレンズとプリズムの位置関係を示す図である。

【図38】先端照明部の斜視図である。

【図39】照明光学系にトーリックレンズを用いた場合の、試料の斜め方向から照明光を照射した場合の試料上における照明光束の様子を示す図である。

【図40】実施例8の先端照明部を示す図であって、最低倍、中間倍、最高倍における照明光の様子を示す図である。

【図41】試料上の照明光の様子を示す図であって、非

対称な面を用いていない場合の照明光の様子を示す図

(a)、非対称な面を用いている場合の照明光の様子を示す図(b)である。

【図42】実施例1の光学装置に、実施例4の先端照明部を組み合わせた光学装置を示す図で、正面図であって蛍光を観察する光学系のみを示す図(a)、光学装置全体を側面から見たときの図(b)である。

【図43】従来の蛍光観察時の実体顕微鏡の構成を示す図である。

【図44】従来の落射蛍光顕微鏡の構成を示す図である。

【図45】観察光学系に励起光を介さない従来の蛍光観察時の実体顕微鏡の構成を示す図である。

【図46】従来のW099/13370号の構成を示す図である。

【図47】従来の特公平7-57226号の手術用顕微鏡の構成を示す図である。

【符号の説明】

0…対物レンズの光軸

1…対物レンズ

1 L、1 R…左右の対物レンズ

2…観察光学系ユニット

2'…変倍ノブ

2 L、2 R…左右の観察光学系(観察光学系ユニット、変倍光学系)

2₁、2₂…観察光学系に導かれる光束の領域

2₃…励起光の通過する領域

2 L'、2 R'…観察光学系に導かれる光束の領域

3…結像レンズ

3 L、3 R…左右の結像レンズ

4…接眼レンズ

4 L、4 R…左右の接眼レンズ

5…蛍光を選択透過する光学部材(吸収フィルタ)

5 L、5 R…左右の蛍光を選択透過する光学部材(吸収フィルタ)

6…反射部材

7…試料

8、8'…励起フィルタ

9…結像光学系ユニット(結像光学系)

10…架台

11…支柱

11'…クランク型の支柱

12…観察光軸

12 L、12 R…観察光軸

13…光源

14…支柱受け

14 a、14 b…挿入孔

15…移動機構

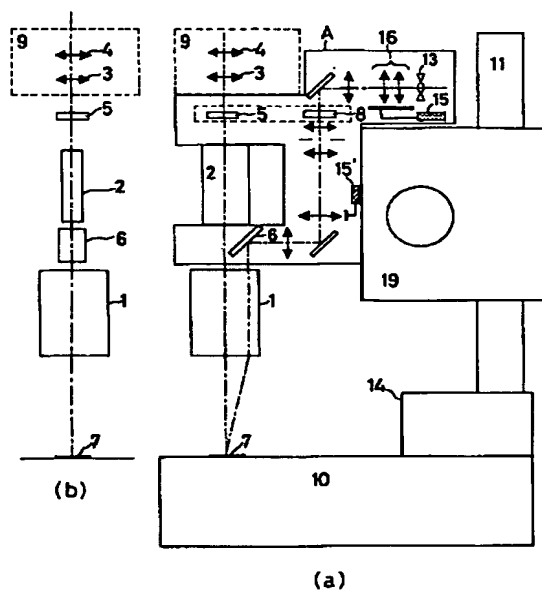
15'…移動機構

16…コレクタレンズ群

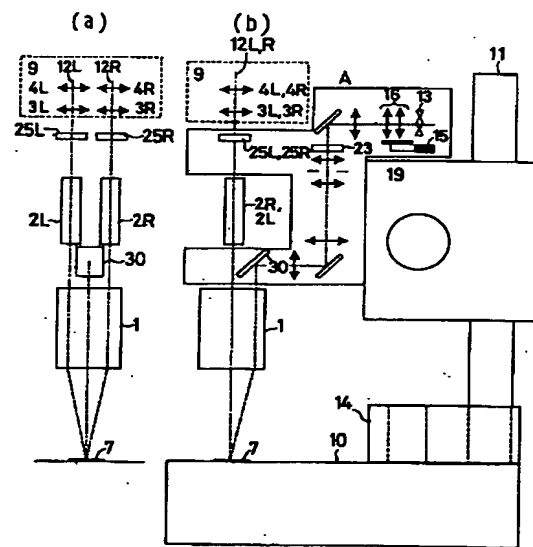
- 18…反射部材
 19…準焦部ユニット（準焦部）
 19a…準焦ノブ
 23…励起フィルタ
 25L、25R…吸収フィルタ
 30…反射部材
 30'…反射部材によって導かれた光束の通過する領域
 31…先端照明部の瞳位置
 40…ターレット本体
 41…軸部材
 42、44、46…励起フィルタ
 43、45、47…吸収フィルタ
 48…凹部
 49…穴
 50…スライダ本体
 51、53…励起フィルタ
 52、54…吸収フィルタ
 55…凹部
 56…穴
 90…試料面
 91…対物レンズの光軸
 92…照明光束
 93…照明範囲
 94…観察範囲
 95…照明光の光軸
 96…均一に照明される面

- * 101、102、103、104、105…光軸
 A…蛍光照明装置（蛍光照明用ユニット、蛍光照明光学系）
 B…先端照明部
 C…観察装置
 F…保護フィルタ
 X…遮光部材
 Y…ベルト
 O…対物レンズの光軸位置
 E…蛍光照明光学系の瞳位置
 U'、L'…励起光の光線
 G0…コレクタレンズ群
 G1…第1リレーレンズ群
 G2…第2リレーレンズ群
 M1…第1反射部材（ミラー）
 M2…第2反射部材
 M3…光学部材
 AS…開口絞り
 L22…移動可能なレンズ群
 20 B1、B2、B3…レンズ
 P2…第4反射部材
 P3…第3反射部材
 P4…第1反射部材
 P5…第2反射部材
 P6…偏向プリズム
 * P7、P8…くさびプリズム

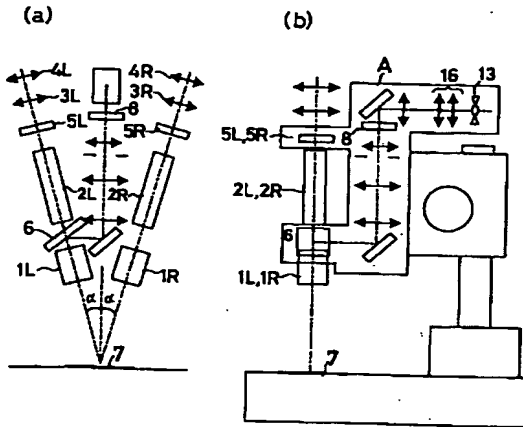
【図1】



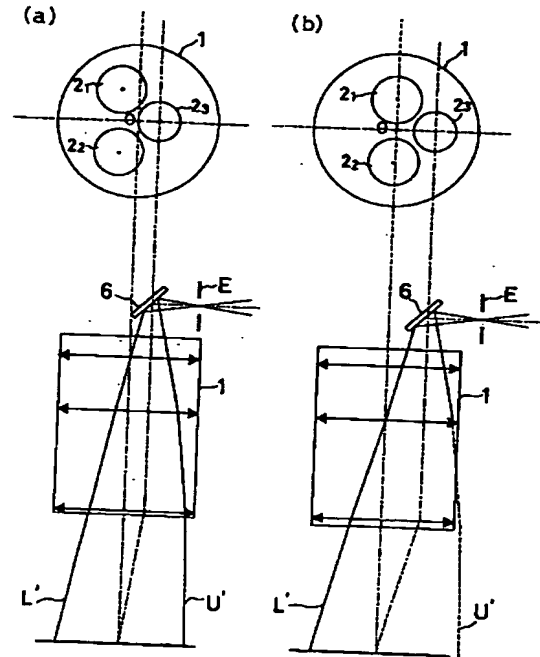
【図2】



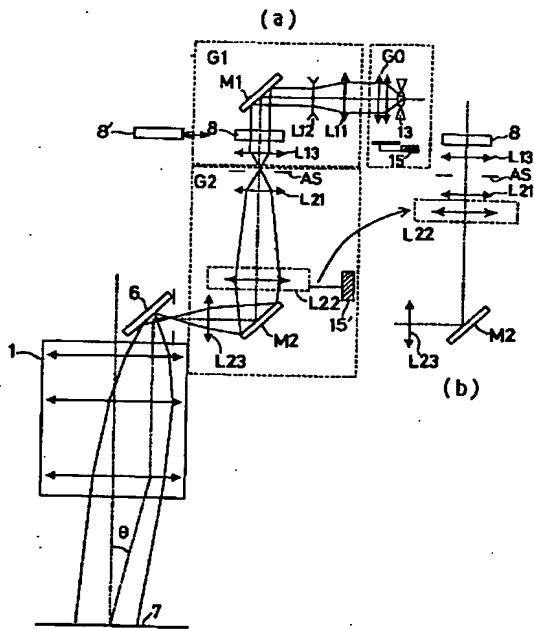
【図3】



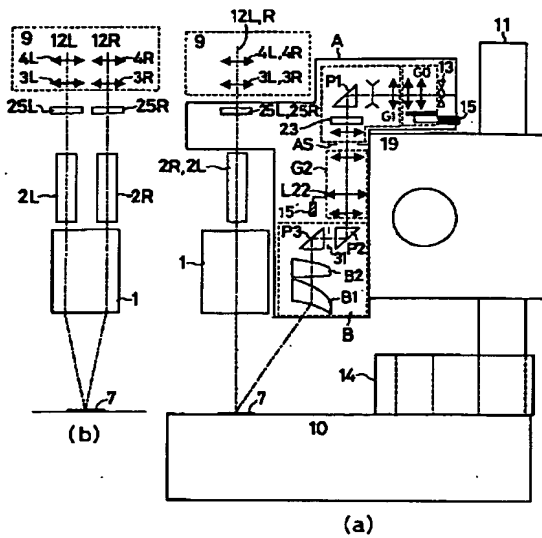
【図4】



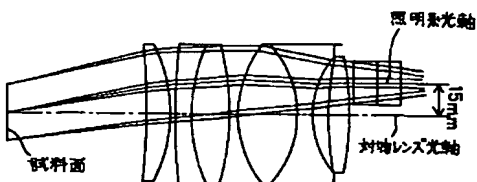
【図5】



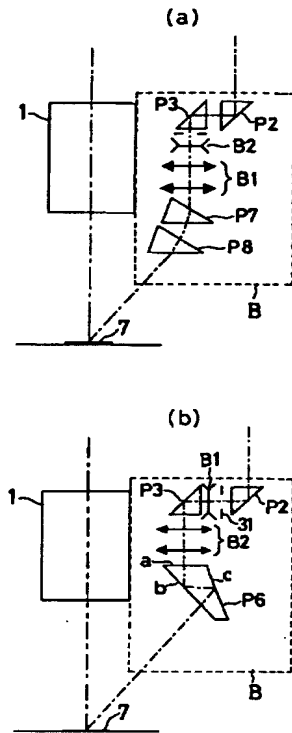
【図6】



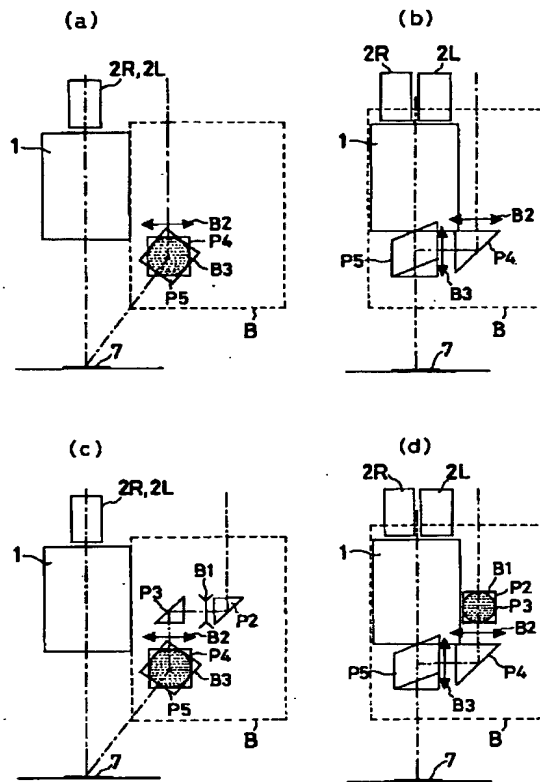
【図17】



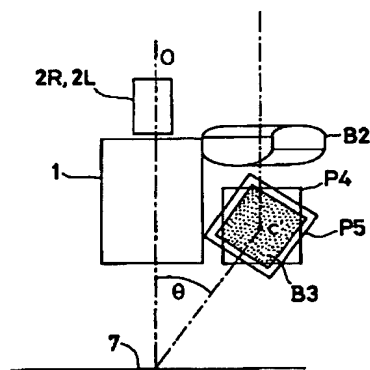
【図7】



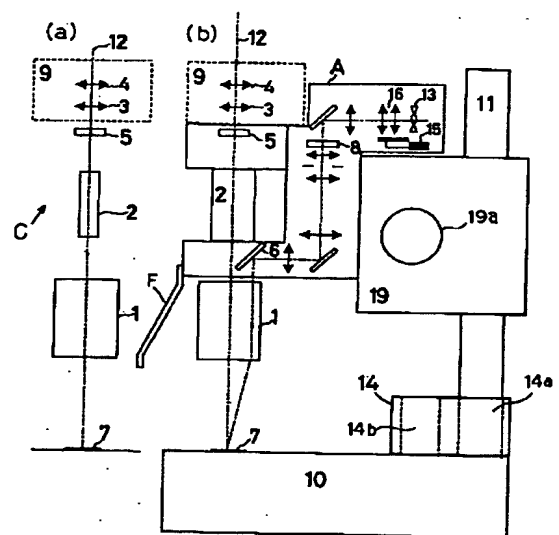
【図8】



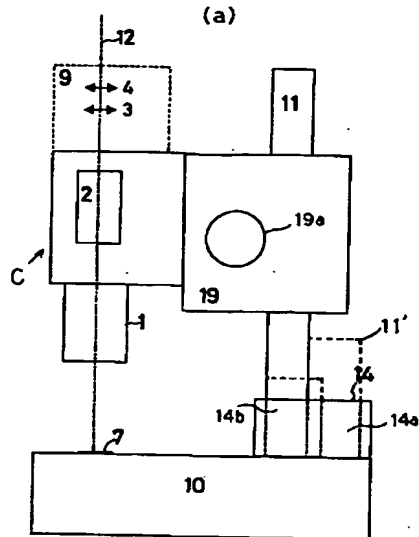
【図9】



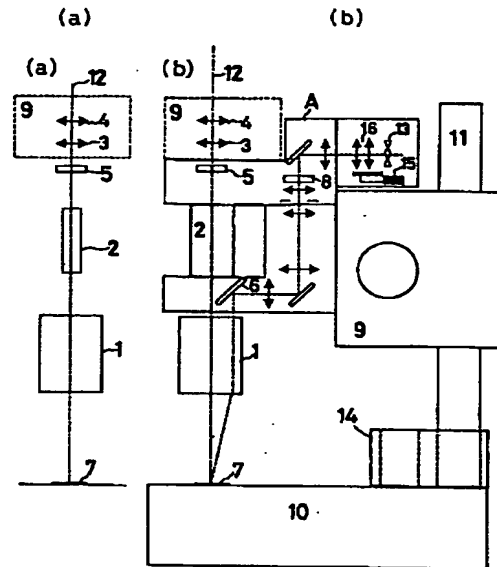
【図10】



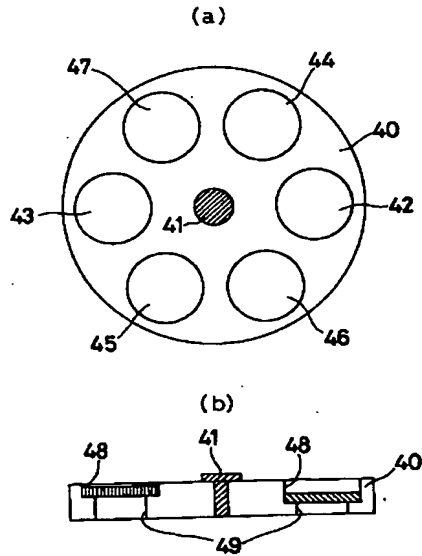
【図11】



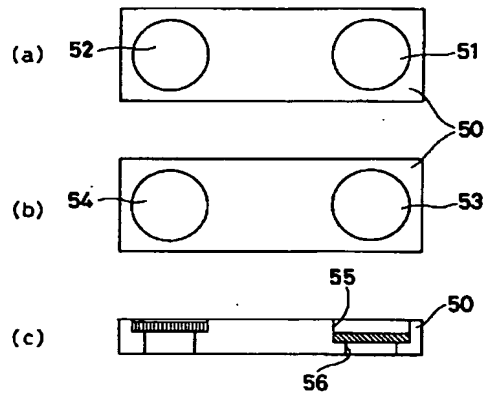
【図12】



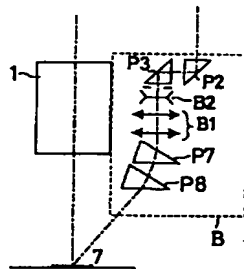
【図13】



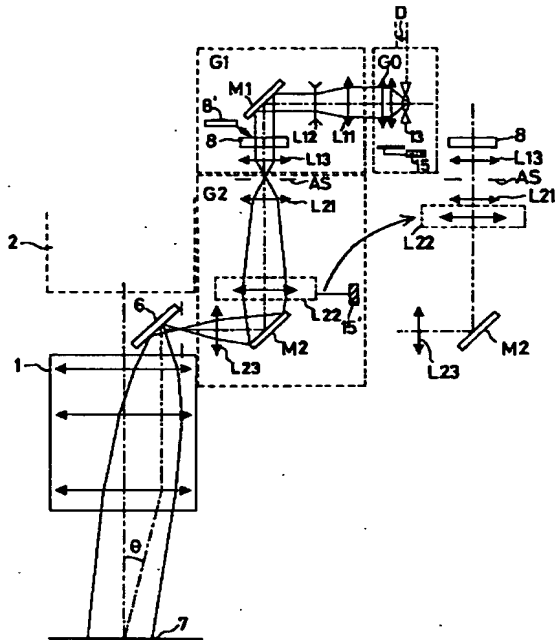
【図14】



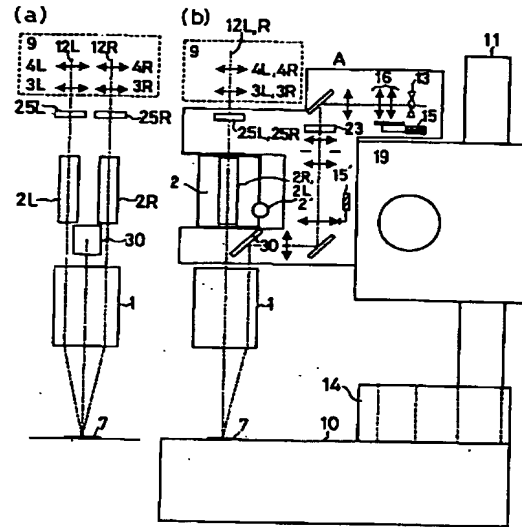
【図26】



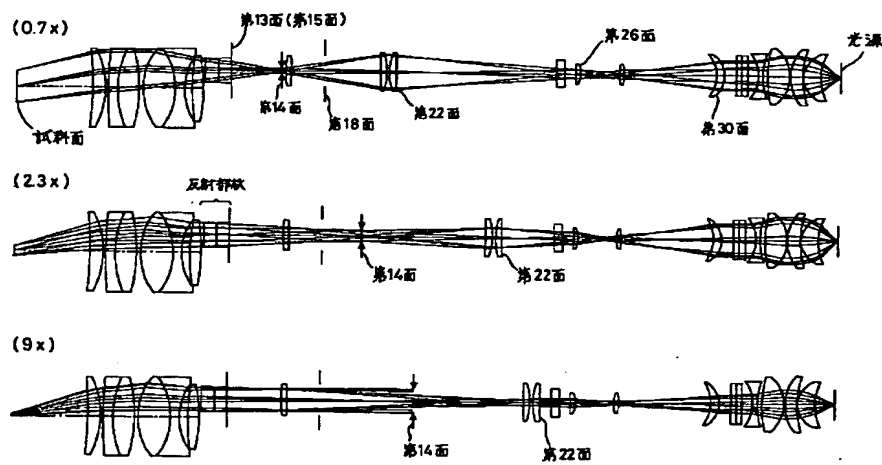
【図15】



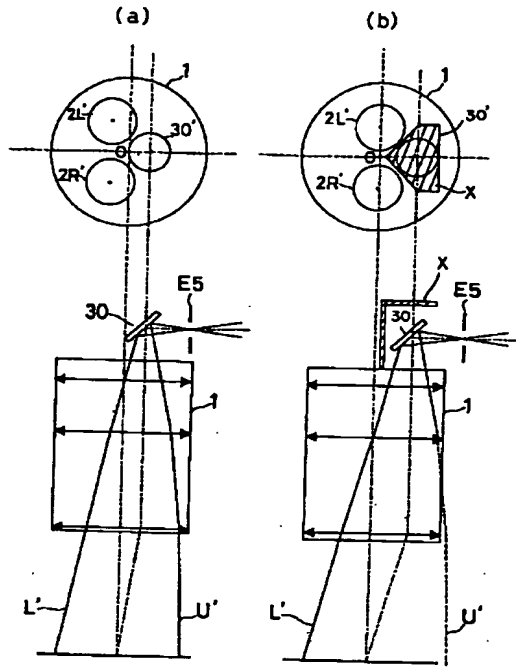
【図18】



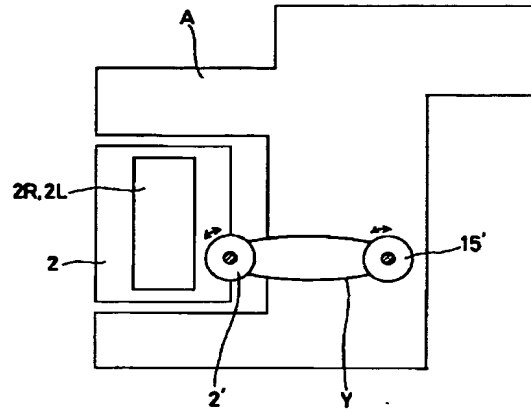
【図16】



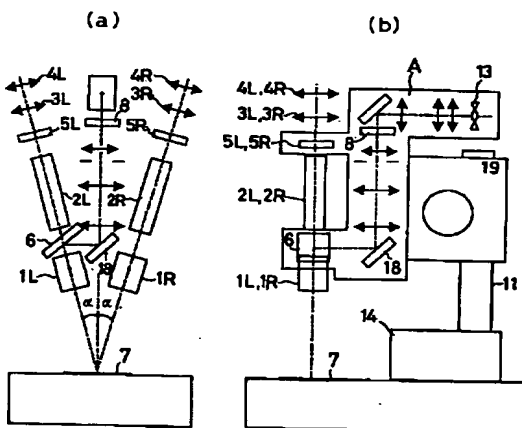
【図19】



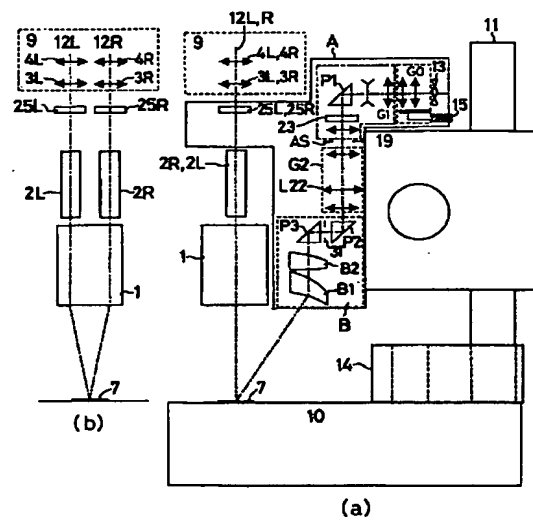
【図20】



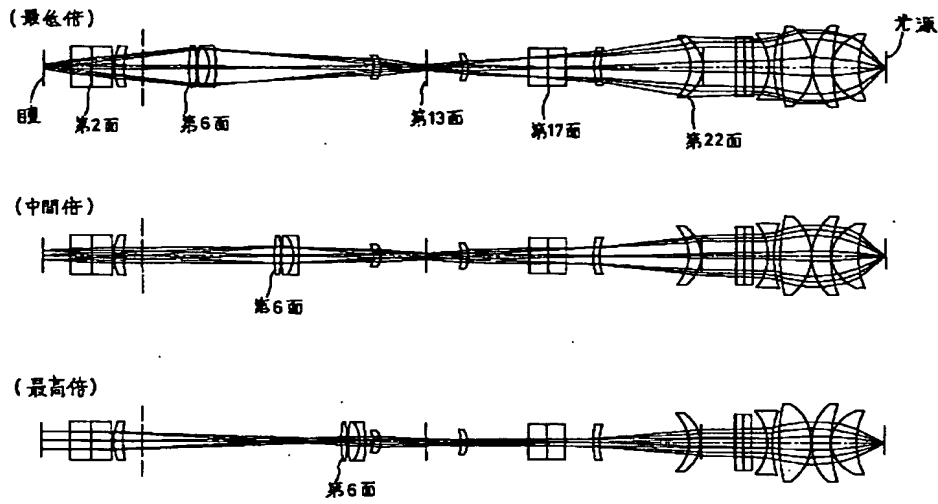
【図21】



【図22】

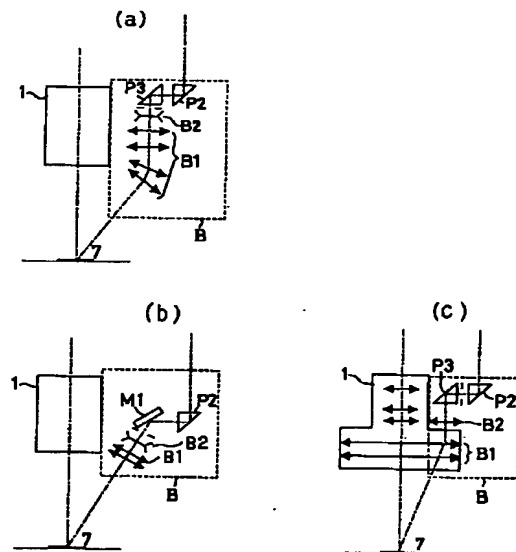
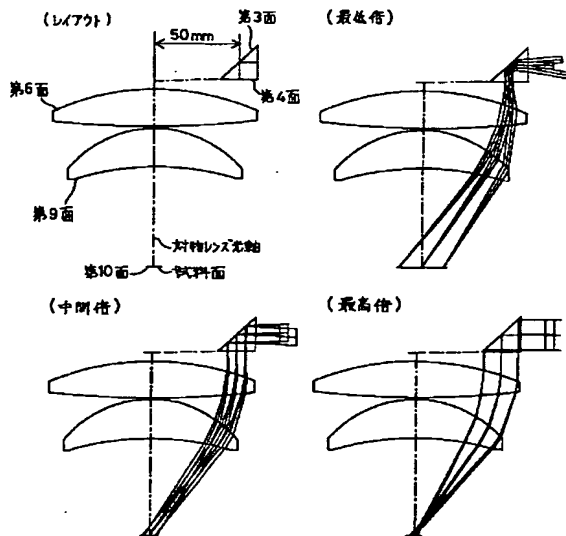


【図23】

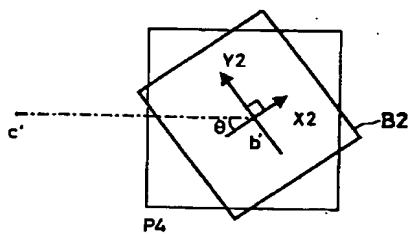


【図24】

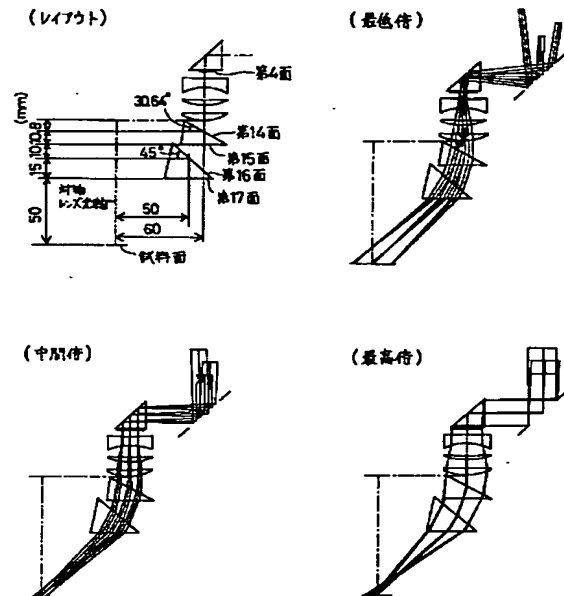
【図25】



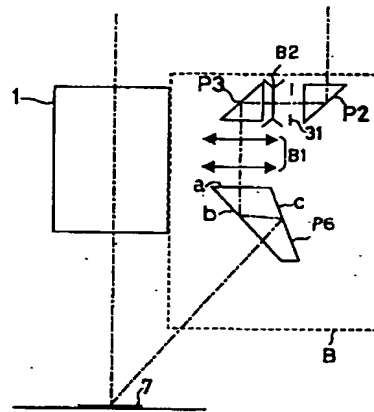
【図36】



【図27】

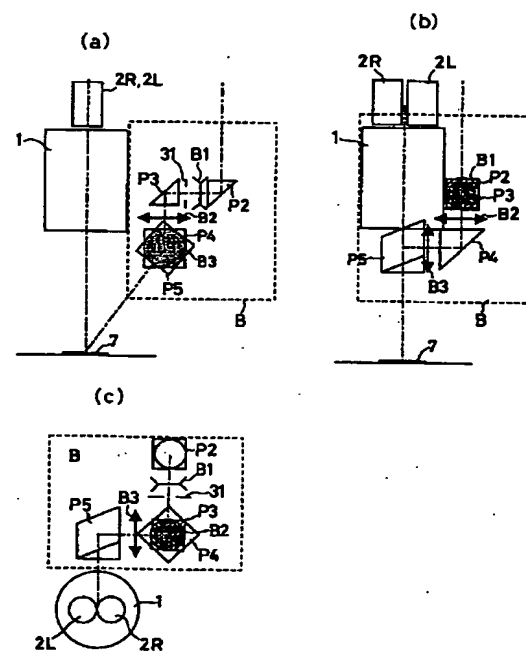
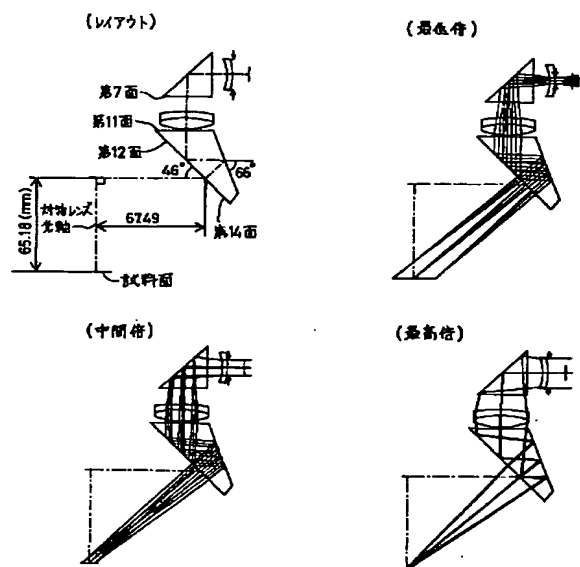


【図28】

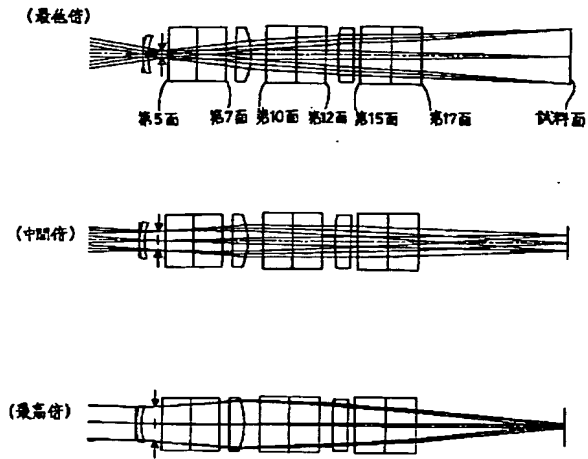


【図30】

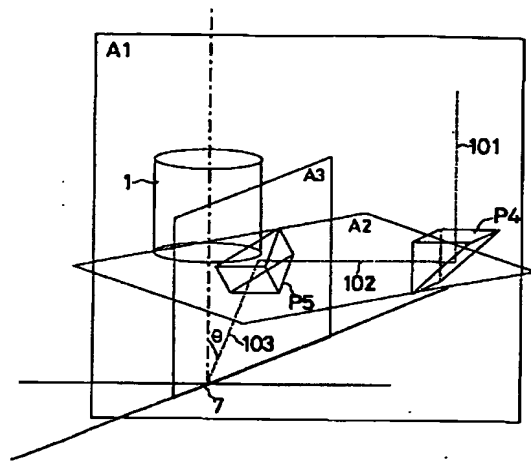
【図29】



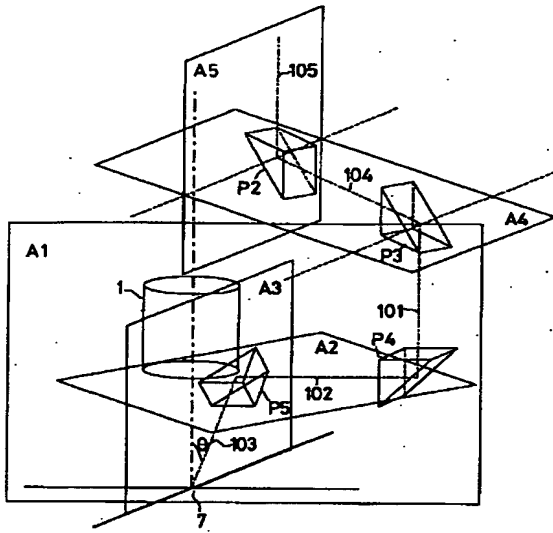
【図31】



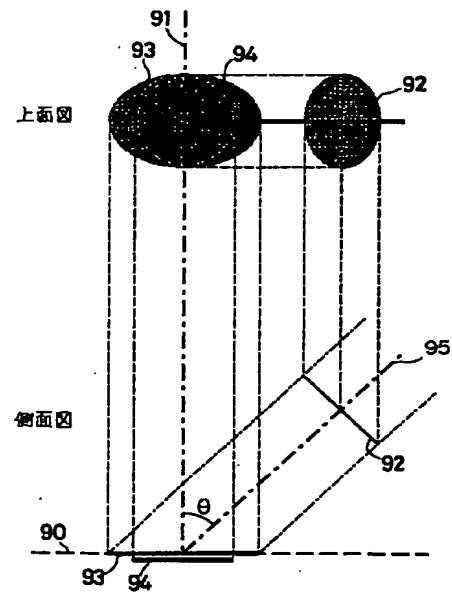
【図32】



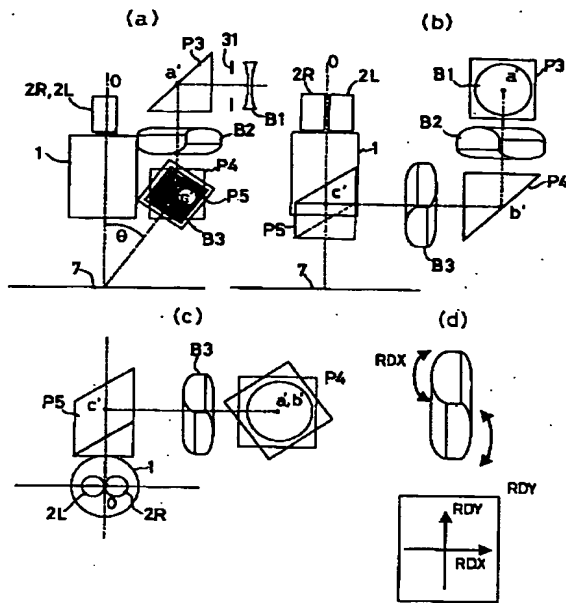
【図33】



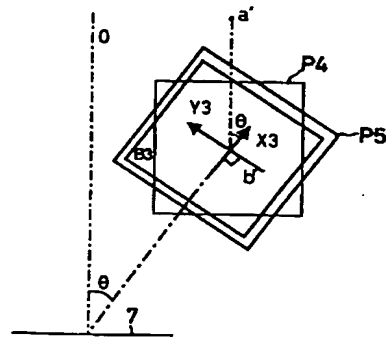
【図34】



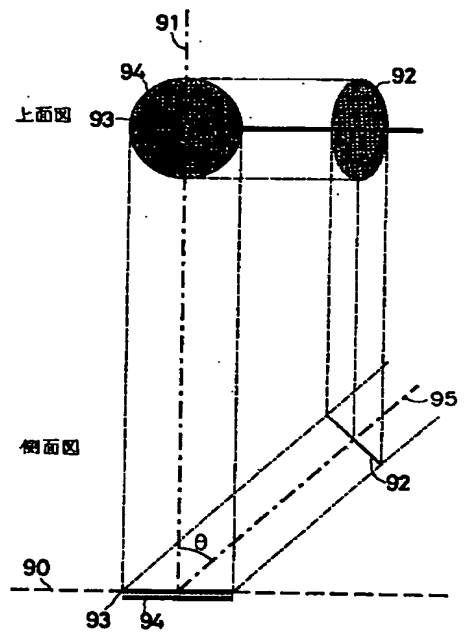
【図35】



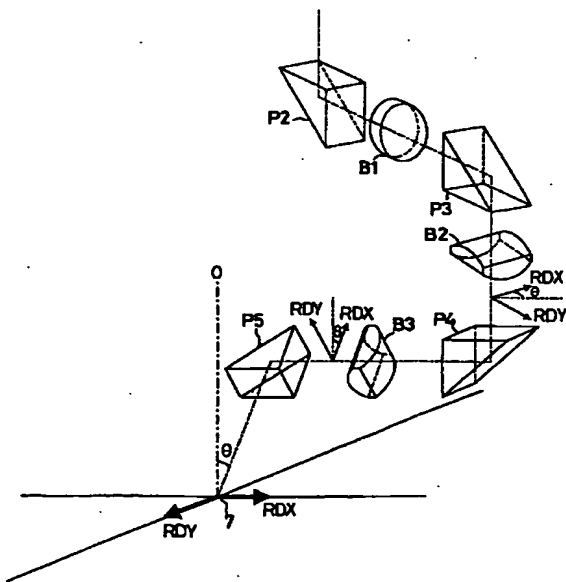
【図37】



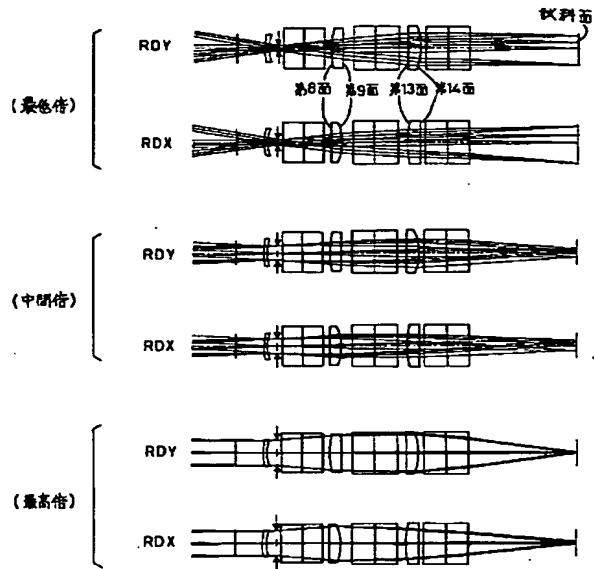
【図39】



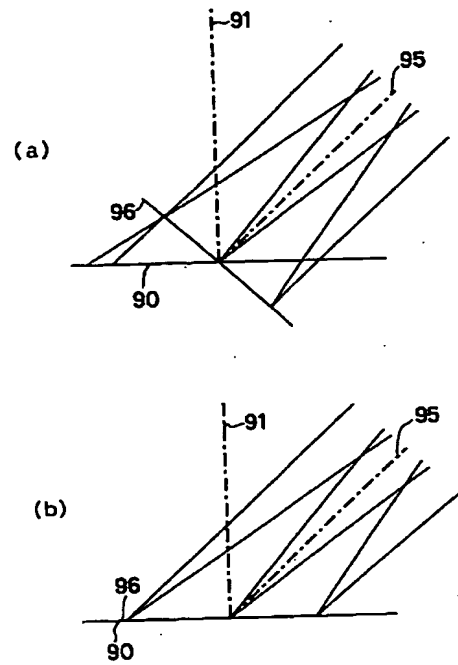
【図38】



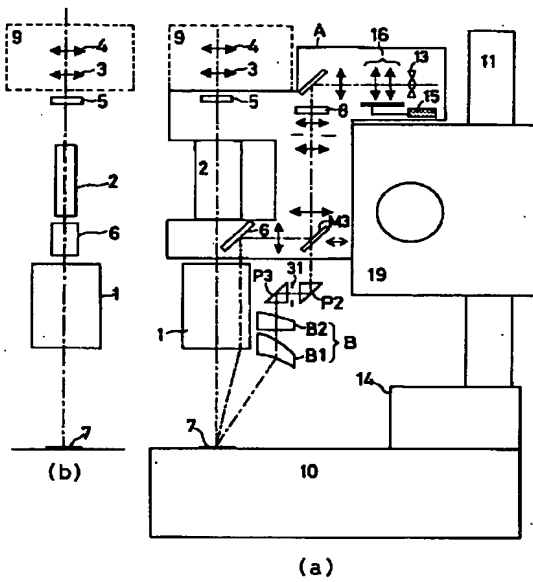
【図40】



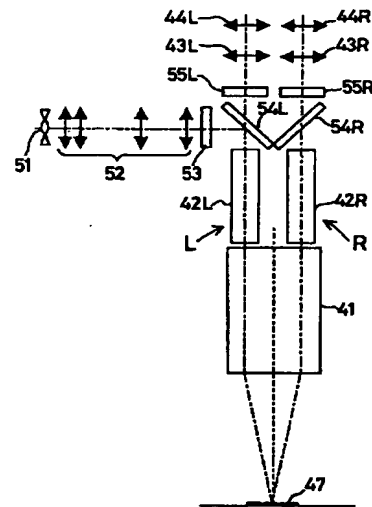
【図41】



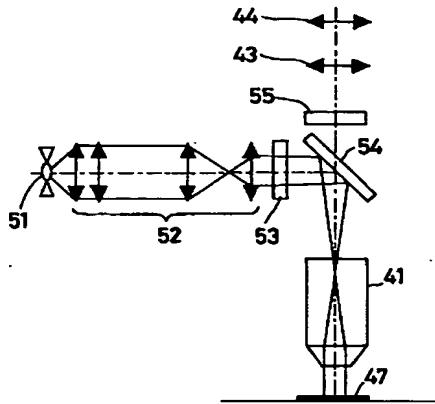
【図42】



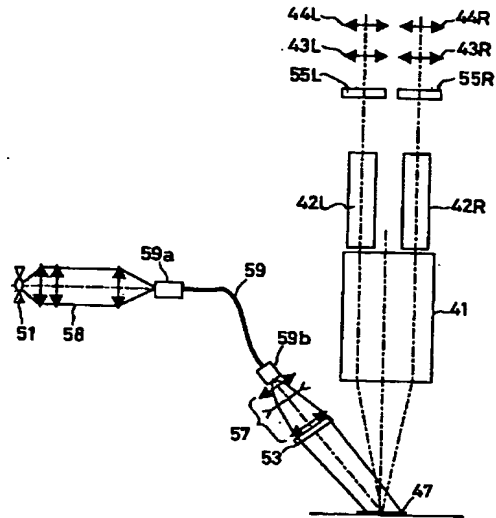
【図43】



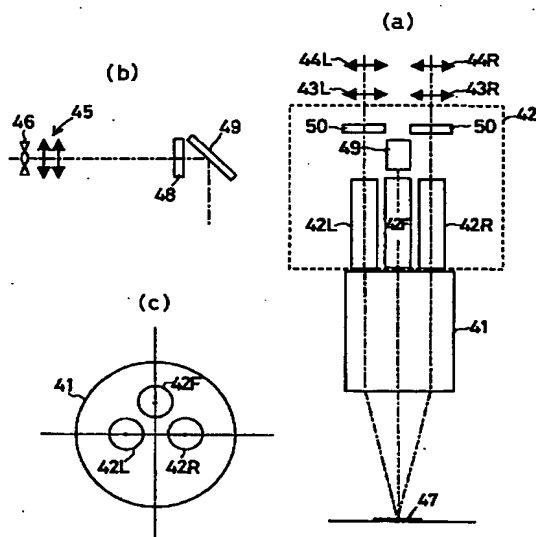
【図44】



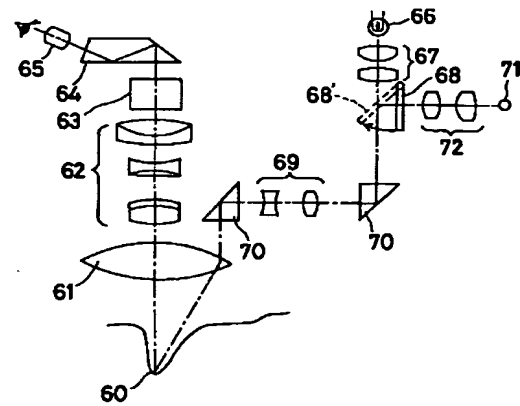
【図45】



【図46】



【図47】



フロントページの続き

(72)発明者 清水 敬之
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

Fターム(参考) 2H052 AA09 AA13 AC02 AC03 AC04
AC09 AC19 AC21 AD01 AD31
AD34